

薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

発明の背景

1. 発明の分野

本発明は、少なくとも書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

2. 関連技術の説明

近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗（以下、MR（Magneto Resistive）と記す。）素子を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

記録ヘッドの性能のうち、記録密度を高めるには、磁気記録媒体におけるトラック密度を上げる必要がある。このためには、記録ギャップ（write gap）を挟んでその上下に形成された下部磁極（ボトムポール）および上部磁極（トップポール）のエアベアリング面での幅を数ミクロンからサブミクロンオーダーまで狭くした狭トラック構造の記録ヘッドを実現する必要があり、これを達成するために半導体加工技術が利用されている。

ここで、図29～図34を参照して、従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例として、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。

この製造方法では、まず、図29に示したように、例えばアルティック（Al₂O₃・TiC）よりなる基板101上に、例えば酸化アルミニウム（Al₂O₃；以下、単に「アルミナ」という。）よりなる絶縁層102を、約5.0～10.0 μm程度の厚みで堆積する。次に、絶縁層102上に、再生ヘッド用の下部シールド層103を形成する。次に、下部シールド層103上に、例えばアルミナ層を100～200 nmの厚みでスパッタ堆積し、シールドギャップ膜104を形成する。次に、シールドギャップ膜104上に、高精度のフォトリソグラフィ処理により所望のパターンとなるように、再生用のMR素子を構成するためのMR膜105を数十nmの厚みで形成する。次に、MR膜105の両側に、こ

のMR膜105と電気的に接続する引き出し電極層としてのリード層（図示せず）を形成したのち、このリード層、シールドギャップ膜104およびMR膜105上に、シールドギャップ膜106を形成し、シールドギャップ膜104、106内にMR膜105を埋設する。次に、シールドギャップ膜106上に、再生ヘッドおよび記録ヘッドの双方に用いる磁性材料、例えばニッケル鉄合金（NiFe；以下、単に「パーマロイ（商品名）」という。）よりなる上部シールド兼下部磁極（以下、単に「下部磁極」という。）107を形成する。

次に、図30に示したように、下部磁極107上に、絶縁材料、例えばアルミニウムよりなる記録ギャップ層108を形成する。次に、記録ギャップ層108上に、高精度のフォトリソグラフィ処理により、フォトレジスト膜109を所定のパターンとなるように形成する。次に、フォトレジスト膜109上に、電解めつき法により、例えば銅（Cu）よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル110を形成する。次に、フォトレジスト膜109および薄膜コイル110を覆うように、高精度のフォトリソグラフィによりフォトレジストを所定のパターンとなるように形成したのち、このフォトレジストに対して例えば250℃の温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、薄膜コイル110の各巻線間を絶縁させるためのフォトレジスト膜111が形成される。

次に、図31に示したように、磁路形成のために、薄膜コイル110よりも後方（図31における右側）における記録ギャップ層108の一部を部分的にエッチングして開口部108aを形成し、下部磁極107の一部を露出させる。次に、下部磁極107の露出面、フォトレジスト膜111および記録ギャップ層108を覆うように、電解めつき法により、記録ヘッド用の磁性材料、例えばパーマロイよりなる上部ヨーク兼上部磁極（以下、単に「上部磁極」という。）112を形成する。この上部磁極112は、例えば、後述する図34に示したような平面形状を有するものであり、ヨーク部112aおよびポールチップ部112bを含んでいる。上部磁極112は、開口部108aにおいて下部磁極107と接触し、磁気的に連結されている。次に、上部磁極112のポールチップ部112bをマスクとして、その周辺領域における記録ギャップ層108および下部磁極107のそれぞれの一部をイオンミリングによって選択的に約0.5μm程度エッ

チングして除去する（図33参照）。次に、上部磁極112を覆うように、例えばアルミナよりなるオーバーコート層113を形成する。最後に、機械加工や研磨工程により、記録ヘッドおよび再生ヘッドのトラック面、すなわちエアベアリング面120を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

図32～図34は、完成した状態の薄膜磁気ヘッドの構造を表すものである。ここで、図32はエアベアリング面120に垂直な方向における薄膜磁気ヘッドの断面を示し、図33はエアベアリング面120に平行な方向における磁極部分500の断面を拡大して示し、図34は薄膜磁気ヘッドの平面構造を示す。図31は、図34におけるXXXI-XXXI線に沿った矢視断面に相当する。なお、図32～図34では、オーバーコート層113等の図示を省略している。図34では、薄膜コイル110およびフォトレジスト膜111のそれぞれの最外端のみを図示している。

図32および図34において、「TH」はスロートハイト（Throat Height）を表し、「MRH」はMRハイトを表している。ここで、「スロートハイト（TH）」とは、記録ヘッドの性能を決定する要因のうちの一つであり、薄膜コイル110を他の導電部分と電気的に分離するための絶縁層（フォトレジスト膜111）の最もエアベアリング面120に近い側の端縁の位置、すなわちスロートハイトゼロ位置（TH0位置）からエアベアリング面120の位置までの長さである。記録ヘッドの性能向上のためには、スロートハイト（TH）の最適化が望まれている。このスロートハイト（TH）は、エアベアリング面120を形成する際の研磨量によって制御される。一方、「MRハイト（MRH）」とは、MR膜105の最もエアベアリング面120から遠い側の端縁の位置、すなわちMRハイトゼロ位置（MRH0位置）からエアベアリング面120の位置までの長さである。このMRハイト（MRH）もまた、エアベアリング面120を形成する際の研磨量によって制御される。

薄膜磁気ヘッドの性能を決定する要因としては、スロートハイト（TH）やMRハイト（MRH）等の他に、図32に示したエイペックスアングル（Apex Angle : θ ）がある。このエイペックスアングル θ は、フォトレジスト膜111のエアベアリング面120に近い側の斜面の平均斜度である。

図33に示したように、記録ギャップ層108および下部磁極107のそれぞれの一部が上部磁極112のポールチップ部112bに対して自己整合的にエッティングされた構造は、トリム(Trim)構造と呼ばれる。このトリム構造によれば、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効トラック幅の増加を防止することができる。「P2W」は、トリム構造を有する部分（以下、単に「磁極部分500」という。）の幅、すなわち磁極幅（または「トラック幅」）を表している。「P2L」は、磁極部分500の一部を構成するポールチップ部112bの厚み、すなわち磁極長を表している。なお、MR膜105の両側には、このMR膜105と電気的に接続する引き出し電極層としてのリード層121が設けられている。ただし、図29～図32では、リード層121の図示を省略している。

図34に示したように、上部磁極112は、その大部分を占めるヨーク部112aと、磁極幅P2Wとしてほぼ一定の幅を有するポールチップ部112bとを有している。ヨーク部112aとポールチップ部112bとの連結部分において、ヨーク部112aの外縁は、エアベアリング面120と平行な面に対して角度 α をなしている。また、上記連結部分において、ポールチップ部112bの外縁は、エアベアリング面120と平行な面に対して角度 β をなしている。図34では、例えば、 α が約45度であり、 β が約90度である場合を示している。上記したように、ポールチップ部112bは、トリム構造を有する磁極部分500を形成する際にマスクとして機能する部分である。図32および図34から判るように、ポールチップ部112bは平坦な記録ギャップ層108の上に延在し、ヨーク部112aはフォトレジスト膜111で覆われて丘陵状に盛り上がったコイル部分（以下、「エイペックス部」という。）の上に延在している。

なお、上部磁極の詳細な構造的特徴に関しては、例えば、特開平8-249614号公報に記載がある。この公報では、TH0位置よりも後側（エアベアリング面120から離れる側）の部分の幅が徐々に大きくなるような構造を有する上部磁極について記載している。

図31および図34に示した薄膜磁気ヘッドでは、情報の記録動作時に薄膜コイル110に電流が流れると、これに応じて磁束が発生する。このとき発生した

磁束は、上部磁極 112 内をヨーク部 112a からポールチップ部 112b へ伝搬し、さらにポールチップ部 112b のエアベアリング面 120 側の先端部分に到達する。このとき、ポールチップ部 112b の先端部分に到達した磁束により、記録ギャップ層 108 近傍の外部に記録用の信号磁界が発生する。この信号磁界により、磁気記録媒体を部分的に磁化して、情報を記録することができる。

磁極部分 500 の磁極幅 P2W は、磁気記録媒体上の記録トラック幅を規定するものである。記録密度を高めるためには、磁極部分 500 を高い精度で形成し、磁極幅 P2W を微小化する必要がある。磁極幅 P2W が大きすぎる場合には、磁気記録媒体上の所定の記録トラック領域以外の隣接領域にも書き込みしてしまう現象、すなわちサイドイレーズ現象が発生してしまい、記録密度を向上させることができないからである。特に、近年、高面密度記録を可能とするため、すなわち、狭トラック構造の記録ヘッドを形成するために、約 0.3 μm 以下に至る磁極幅 P2W の極微小化が要求されており、磁極幅 P2W の極微小化に係る製造技術の確立は急務である。

上部磁極を形成する方法としては、例えば、特開平 7-262519 号公報に示されるように、フレームめっき法が用いられる。フレームめっき法を用いて上部磁極 112 を形成する場合には、まず、エイペックス部を含む下地上に、全体に、例えばスパッタリングにより、例えばパーマロイよりなる薄い電極膜を形成する。次に、電極膜上にフォトレジストを塗布してフォトレジスト膜を形成したのち、このフォトレジストも膜に対してフォトリソグラフィ処理を施してパターンングすることにより、めっき処理を行うためのフレームパターン（外枠）を形成する。このフレームパターンは、上部磁極 112 の平面形状に対応する開口パターンを有するものである。次に、このフレームパターンをマスクとして用いると共に先工程において形成した電極膜をシード層として用いて、電解めっき法により、フレームパターンの開口パターン中に、例えばパーマロイよりなる上部磁極 112 を形成する。

ところで、エイペックス部と他の部分とでは、例えば 7 ~ 10 μm 以上の高低差がある。このエイペックス部上に、フォトレジストを 3 ~ 4 μm の厚みで塗布する。エイペックス部上のフォトレジストの膜厚が最低 3 μm 以上必要であると

すると、流動性のあるフォトレジストは低い方に集まることから、エイペックス部の下方では、例えば $8 \sim 10 \mu\text{m}$ 以上の厚みのフォトレジスト膜が形成される。

極微小な磁極幅 P 2 Wを実現するためには、この磁極幅 P 2 Wに対応して極微小な幅（例えば $1.0 \mu\text{m}$ 以下）を有する開口パターンを備えたフレームパターンを形成する必要がある。すなわち、 $8 \sim 10 \mu\text{m}$ 以上の厚みのあるフォトレジスト膜により、 $1.0 \mu\text{m}$ 以下の極微小な幅を有する開口パターンを形成しなければならない。ところが、このような膜厚の厚いフォトレジスト膜を用いて、極微小な幅を有する開口パターンを備えたフレームパターンを形成することは、製造工程上極めて困難であった。

しかも、エイペックス部等により構成された凹凸構造を有する領域に上部磁極 1 1 2 を形成する場合には、以下のような理由により、上部磁極 1 1 2 の形成精度は大きく低下してしまうという問題があった。すなわち、上部磁極 1 1 2 を形成するためのフレームパターンの形成工程において、凹凸構造を有する領域に形成されたフォトレジスト膜に対して露光処理を施した場合には、下地（電極膜）の斜面部等から斜め方向または横方向へ反射する反射光が生じる。この反射光は、フォトレジスト膜中の露光領域を拡大または縮小させこととなる。これにより、特に、フォトレジスト膜のうち、上部磁極 1 1 2 のポールチップ部 1 1 2 b に対応して極微小な幅を有する開口パターンの幅が幅方向に拡大してしまう。

また、上記した上部磁極 1 1 2 の形成精度に関する問題の他、以下のような理由により、薄膜磁気ヘッドの重ね書き特性、すなわちオーバーライト特性が低下してしまうという問題もあった。すなわち、一般に、磁極幅 P 2 Wを極微小化すると、磁極部分 5 0 0 を構成するポールチップ部 1 1 2 b の磁気ボリュームは小さくなる。ここで、「磁気ボリューム」とは、磁性層部分の内部に収容できる磁束の許容量である。磁極幅 P 2 Wが小さくなり、ポールチップ部 1 1 2 b の「磁気ボリューム」が適正に確保されなくなると、ポールチップ部 1 1 2 b の内部において「磁束の飽和」が生じてしまい、その先端部分まで十分に磁束が到達できなくなる。特に、上部磁極 1 1 2 の形成材料として、1.2 テスラ程度の磁束密度を有するパーマロイなどの磁性材料を用いた場合には、所望の磁性層パターン

の形成に係る加工特性が容易化する反面、磁極幅 P 2 W を極微小化（約 0.3 μ m 以下）しようとすると、ポールチップ部 112 の内部において磁束が飽和し、ポールチップ部 112 b の先端部分に供給される磁束が不足してしまう。

発明の概要

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、磁極幅を極微小化しつつ、優れたオーバーライト特性を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。

本発明の薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する 2 つの磁極を含む互いに磁気的に連結された第 1 の磁性層および第 2 の磁性層と、第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第 1 の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドであって、所定の磁性層部分が、ギャップ層に対して遠い側から順に配設された第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜を含み、第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜が共に 1.5 テスラ以上の磁束密度を有する磁性材料よりなるようにしたものである。

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層に対して遠い側から順に第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜が配設され、これらの部位を含んで所定の磁性層部分が構成される。第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜は、共に 1.5 テスラ以上の磁束密度を有する磁性材料により構成されるようにするのが好ましい。

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜のうちの少なくとも一方が、少なくともニッケルおよび鉄を含む合金または窒化鉄のいずれかよりなるようにしてもよいし、コバルトおよび鉄よりなる合金、ジルコニウム、コバルトおよび鉄よりなる合金の酸化物またはジルコニウムおよび鉄よりなる合金の窒化物などのアモルファス合金よりなるようにしてもよい。ニッケルおよび鉄を含む合金は、さらに、少なくともコバルトを含むものであってもよい。特に、第 1 の磁性膜が、少なくともニッケル、鉄およびコバルトを含む合金よりなり、第 2 の磁性膜が、少なくともニッケルおよび鉄を含む合金またはコバルトおよ

び鉄よりなる合金のいずれかよりなるようにするのが好適である。

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第1の磁性膜と第2の磁性膜との界面が平坦であるようにしてもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第2の磁性層と第2の磁性膜との間に、後方部が絶縁層と連結し前端が記録媒体対向面の手前の所定の位置で終端するよう延在する第1の非磁性層パターンが配設されるようにしてもよい。このような場合には、第1の非磁性層パターンが非磁性金属よりなるようにするのが好適である。

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、さらに、第1の非磁性層パターンと第2の磁性膜との間に、後方部が絶縁層と連結し前端が第1の非磁性層パターンの前端よりも後方の位置で終端するよう延在する第2の非磁性層パターンが配設されるようにしてもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第2の磁性層が平坦な表面を有し、第1の非磁性層パターンの前端近傍および第2の非磁性層パターンの前端近傍が第2の磁性層の平坦な表面に対して傾斜するようにしてもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第1の非磁性層パターンの前端が所定の磁性層部分における一定幅部分の延在領域内に位置するようにしてもよい。

本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第1の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、所定の磁性層部分を形成する工程が、磁性材層を形成する工程と、この磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッチングすることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程とを含むようにしたものである。

本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、磁性材層が

形成されたのち、この磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜が選択的に形成される。続いて、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層が選択的にエッティングされることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜が選択的に形成される。

本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドでは、第1の磁性膜および第2の磁性膜のうちの少なくとも一方の形成材料として、少なくともニッケルおよび鉄を含む合金または窒化鉄のいずれかを用いるようにしてもよいし、コバルトおよび鉄よりなる合金、ジルコニウム、コバルトおよび鉄よりなる合金の酸化物またはジルコニウムおよび鉄よりなる合金の窒化物などのアモルファス合金を用いるようにしてもよい。ニッケルおよび鉄を含む合金としては、さらに、少なくともコバルトを含むものを用いるようにするのが好適である。特に、第1の磁性膜の形成材料として、少なくとも鉄、ニッケルおよびコバルトを含む合金を用い、第2の磁性膜の形成材料として、少なくともニッケルおよび鉄を含む合金またはコバルトおよび鉄よりなる合金のいずれかを用いるようにするのが好適である。

また、本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、磁性材層をスパッタリングにより形成し、第1の磁性膜をめっき膜の成長により形成するようにしてもよい。

また、本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、エッティング工程を反応性イオンエッティングにより行うようにしてもよい。このような場合には、ハロゲン元素を含むガス雰囲気中においてエッティング工程を行うようにするのが好ましく、塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも1を含むガス雰囲気中においてエッティング工程を行うようにするのがより好ましい。また、50℃以上の温度下においてエッティング工程を行うようにするのが好ましく、90℃以上の温度下あるいは50℃ないし300℃の範囲内の温度下においてエッティング工程を行うようにするのがより好ましい。

また、本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、エッティング工程において、さらに、ギャップ層および第2の磁性層のうち、所定の磁性層部分における一定幅部分の形成領域以外の領域を選択的に除去するようにしてもよい。

本発明の第2の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第1の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であつて、所定の磁性層部分を形成する工程が、第2の磁性層を形成する工程と、第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、第1の非磁性層パターンおよびその周辺の第2の磁性層を覆うようにギャップ層を形成する工程と、ギャップ層上に磁性材層を形成する工程と、この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッティングすることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッティング工程とを含むようにしたものである。

本発明の第2の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、第2の磁性層が形成されたのち、この第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンが選択的に形成される。続いて、この第1の非磁性層パターンおよびその周辺の第2の磁性層を覆うようにギャップ層が形成されたのち、このギャップ層上に磁性材層が形成される。続いて、この磁性材層の表面が研磨されて平坦化されたのち、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜が選択的に形成される。続いて、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層が選択的にエッティングされることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜が選択的に形成される。

本発明の第3の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第1の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体

の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、所定の磁性層部分を形成する工程が、第2の磁性層を形成する工程と、第2の磁性層上にギャップ層を形成する工程と、ギャップ層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、第1の非磁性層パターンおよびその周辺のギャップ層を覆うように磁性材層を選択的に形成する工程と、この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を形成する工程と、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッティングすることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッティング工程とを含むようにしたものである。

本発明の第3の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、第2の磁性層が形成されたのち、この第2の磁性層上にギャップ層が形成される。続いて、このギャップ層上に第1の非磁性層パターンが選択的に形成されたのち、この第1の非磁性層パターンおよびその周辺のギャップ層を覆うように磁性材層が選択的に形成される。続いて、この磁性材層の表面が研磨されて平坦化されたのち、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜が選択的に形成される。続いて、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層が選択的にエッティングされることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜が選択的に形成される。

本発明の第4の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第1の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、所定の磁性層部分を形成する工程が、第2の磁性層を形成する工程と、第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、第1の非磁性層パターンおよびその周辺の第2の磁性層を覆うようにギャップ層を形成する工程と、ギャップ層のうち、第1の非磁性層パターンの

配設領域に対応する領域上に第2の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、第2の非磁性層パターンおよびその周辺のギャップ層を覆うように磁性材層を形成する工程と、この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッチングすることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程とを含むようにしたものである。

本発明の第4の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、第2の磁性層が形成されたのち、この第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンが選択的に形成される。続いて、この第1の非磁性層パターンおよびその周辺の第2の磁性層を覆うようにギャップ層が形成されたのち、このギャップ層のうち、第1の非磁性層パターンの配設領域に対応する領域上に第2の非磁性層パターンが選択的に形成される。続いて、この第2の非磁性層パターンおよびその周辺のギャップ層を覆うように磁性材層が形成されたのち、この磁性材層の表面が研磨されて平坦化される。続いて、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜が選択的に形成されたのち、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッチングされることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜が選択的に形成される。

本発明の他の目的、特徴および効果は、以下の説明によってさらに明らかになるであろう。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

図2は、図1に続く工程を説明するための断面図である。

図3は、図2に続く工程を説明するための断面図である。

図4は、図3に続く工程を説明するための断面図である。

図5は、図4に続く工程を説明するための断面図である。

図6は、図5に続く工程を説明するための断面図である。

図 7 は、図 6 に続く工程を説明するための断面図である。

図 8 は、図 7 に続く工程を説明するための断面図である。

図 9 は、図 3 に続く工程を説明するための斜視図である。

図 10 は、図 4 に続く工程を説明するための斜視図である。

図 11 は、図 5 に続く工程を説明するための斜視図である。

図 12 は、図 8 に示した断面図に対応する斜視図である。

図 13 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。

図 14 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する変形例を表す斜視図である。

図 15 は、図 14 に示した斜視図に対応する断面図である。

図 16 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する変形例を表す斜視図である。

図 17 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する他の変形例を表す断面図である。

図 18 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの上部ヨークの変形例を表す断面図である。

図 19 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

図 20 は、図 19 に続く工程を説明するための断面図である。

図 21 は、図 20 に続く工程を説明するための断面図である。

図 22 は、図 21 に示した断面図に対応する斜視図である。

図 23 は、図 22 に示した断面図に対応する斜視図である。

図 24 は、図 23 に示した断面図に対応する斜視図である。

図 25 は、図 20 に示した断面図に対応する斜視図である。

図 26 は、図 21 に示した断面図に対応する斜視図である。

図 27 は、図 24 に示した断面図に対応する斜視図である。

図 28 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。

図29は、従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一工程を説明するための断面図である。

図30は、図29に続く工程を説明するための断面図である。

図31は、図30に続く工程を説明するための断面図である。

図32は、従来の薄膜磁気ヘッドの要部構造を表す断面図である。

図33は、図32に示した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。

図34は、従来の薄膜磁気ヘッドの構造を示す平面図である。

好適な実施例の詳細な説明

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

〔第1の実施の形態〕

まず、図1～図12を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例について説明する。

図1A～図8Aはエアベアリング面に垂直な断面を示し、図1B～図8Bは磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。図9～図12は、主要な製造工程に対応する斜視図である。ここで、図9は図3に示した状態に対応し、図10は図4に示した状態に対応し、図11は図5に示した状態に対応し、図12は図8に示した状態に対応する。ただし、図11では、図5における絶縁膜13等の図示を省略し、図12では、図8における絶縁膜13、15、16、薄膜コイル14およびオーバーコート層17等の図示を省略している。

以下の説明では、図1～図12の各図中におけるX軸方向を「幅方向」、Y軸方向を「長さ方向」、Z軸方向を「厚み方向または高さ方向」として表記すると共に、Y軸方向のうちのエアベアリング面80に近い側（または後工程においてエアベアリング面80となる側）を「前側（または前方）」、その反対側を「後側（または後方）」と表記するものとする。

〈薄膜磁気ヘッドの製造方法〉

本実施の形態に係る製造方法では、まず、図1に示したように、例えばアルテ

イック (Al_2O_3 · TiC) よりなる基板 1 上に、例えばアルミナよりなる絶縁層 2 を、約 $3.0 \sim 5.0 \mu\text{m}$ の厚みで堆積する。次に、絶縁層 2 上に、例えばフレームめっき法を用いて、例えばパーマロイ (Ni : 80 重量%, Fe : 20 重量%) を約 $2.0 \sim 3.0 \mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成して、再生ヘッド用の下部シールド層 3 を形成する。フレームめっき法の形成手順等に関する詳細については、後述する。この下部シールド層 3 は、例えば、後述する図 1-3 に示したような平面形状を有するものである。なお、下部シールド層 3 を形成するためのパーマロイとしては、上記した Ni : 80 重量%, Fe : 20 重量% の組成を有するものの他、例えば、Ni : 45 重量%, Fe : 55 重量% の組成を有するものを用いるようにしてもよい。次に、全体を覆うように、例えばアルミナ層を約 $4.0 \sim 5.0 \mu\text{m}$ の厚みで形成したのち、例えば CMP (化学機械研磨) 法により、下部シールド層 3 が露出するまでアルミナ層の表面を研磨する。このとき、上記の研磨処理により、全体を平坦化する。

次に、図 1 に示したように、下部シールド層 3 上に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなるシールドギャップ膜 4 を約 $100 \sim 200 \text{ nm}$ の厚みで形成する。次に、シールドギャップ膜 4 上に、高精度のフォトリソグラフィ処理を用いて、再生ヘッド部の要部である MR 素子を構成するための MR 膜 5 を所望の形状となるように形成する。次に、MR 膜 5 の両側に、この MR 膜 5 と電気的に接続する引き出し電極層としてのリード層 (図示せず) を形成する。次に、このリード層、シールドギャップ膜 4 および MR 膜 5 上にシールドギャップ膜 6 を形成して、MR 膜 5 をシールドギャップ膜 4, 6 内に埋設する。シールドギャップ膜 6 の形成材料および形成方法等は、シールドギャップ膜 4 の場合とほぼ同様である。

次に、図 1 に示したように、シールドギャップ膜 6 上に、上部シールド層 7 を約 $1.0 \sim 1.5 \mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成する。この上部シールド層 7 は、例えば、後述する図 1-3 に示したような平面形状を有するものである。上部シールド層 7 の形成材料および形成方法等は、下部シールド層 3 の場合とほぼ同様である。次に、上部シールド層 7 上に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなる絶縁膜 8 を約 $0.15 \sim 0.2 \mu\text{m}$ の厚みで形成する。

次に、図1に示したように、絶縁膜8上に、例えば1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料、例えば窒化鉄(FeN)よりなる下部磁極9を選択的に形成する。この下部磁極9は、例えば、後述する図13に示したような平面形状を有するものである。ここで、下部磁極9の形成は、以下のような手順により行う。すなわち、まず、絶縁膜8上に、例えばスパッタリングにより、例えば窒化鉄層を約2.0～2.5μmの厚みで形成する。続いて、所定の形状および材質を有するマスクを用いて、例えばリアクティブイオンエッチング(Reactive Ion Etching; 以下、単に「RIE」という)により窒化鉄層をエッチングしてパターニングすることにより、下部磁極9を選択的に形成する。下部磁極9の表面は、その全域にわたってほぼ平坦となる。一般に、RIEを用いた場合のエッチング速度は、イオンミリングを用いた場合のエッチング速度よりも速い。このため、エッチング方法としてRIEを用いることにより、イオンミリングを用いる場合よりも、下部磁極9を短時間で形成することができる。RIEによるエッチング処理を用いて下部磁極9を形成する場合には、特に、エッチング時に使用するエッティングガスの種類やエッティング時の加工温度などのエッティング条件を適正化することにより、下部磁極9の形成に要する時間をより短縮させることが可能となる。このようなエッティング条件の適正化に関する詳細については、後述する。なお、下部磁極9の形成材料としては、窒化鉄の他、例えば、窒化鉄と同様に1.5以上の高い磁束密度を有する磁性材料として、コバルト鉄合金(FeCo)、ジルコニウムコバルト鉄合金酸化物(FeCoZrO)またはジルコニウム鉄合金窒化物(FeZrN)などのアモルファス合金を用いるようにしてもよい。下部磁極9を形成するために用いるマスクの材質としては、例えば、クロムなどの金属材料やフォトレジスト膜などの非金属材料を用いることができる。ここで、下部磁極9が、本発明における「第2の磁性層」の一具体例に対応する。

次に、下部磁極9上に、例えばスパッタリングにより、非磁性材料、例えばアルミナ層を約0.3～0.8μmの厚みで形成したのち、所定の形状および材質を有するマスクを用いて、例えばRIEによりアルミナ層をエッチングしてパターニングする。このエッティング処理により、図2に示したように、下部磁極9の平坦面に隣接するように非磁性層パターン10が選択的に形成される。なお、非

磁性層パターン10の形成材料としては、上記したアルミナの他、非磁性金属材料、例えばニッケル銅合金（N i C u）などを用いるようにしてもよい。非磁性層パターン10を形成するためのエッチング処理により、アルミナ層のうち、前側の領域の一部と後工程において磁路接続部12dが形成されることとなる後側の領域の一部とが選択的に除去される。上記した除去部分のうちの「後側の領域」には、下部磁極9と後工程において形成される上部磁極12とを接続させるための開口部10kが形成される。

この非磁性層パターン10は、スロートハイト（T H）を決定する際に基準の位置となるスロートハイトゼロ位置（T H 0 位置）を規定するためのものである。非磁性層パターン10を形成する際には、例えば、非磁性層パターン10の最も前側の端縁（以下、単に「最前端」という）の位置が、MR膜5の最も後側の端縁（以下、単に「最後端」という）の位置とほぼ一致するようとする。また、例えば、非磁性層パターン10の少なくとも前端縁部近傍が、下部磁極9の平坦面に対して傾斜した斜面をなすようにするのが好適である。これは、後工程において形成される上部ポールチップ部12a c（図4参照）のうち、上記の斜面部の上方に配設されることとなる部分における磁束の流れを円滑化させることができるものである。なお、非磁性層パターン10の形成材料としては、上記したアルミナなどの無機絶縁材料の他、ニッケル銅（N i C u）などの非磁性金属材料などを用いるようにしてもよい。非磁性層パターン10を形成するために用いるマスクの材質は、下部磁極9を形成するために用いたマスクの場合と同様である。

次に、図2に示したように、ほぼ全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなる記録ギャップ層11を約0.1～0.15μmの厚みで形成する。記録ギャップ層11を形成する際には、先工程において形成された開口部10kがアルミナによって覆われないようにする。図2に示したように、記録ギャップ層11は、下部磁極9の表面と非磁性層パターン10の表面との間に形成された段差部分に対応した段差領域を含み、下部磁極9の平坦面上から非磁性層パターン10上にかけて延在することとなる。以下では、記録ギャップ層11のうち、下部磁極9上に形成された部分を「下段領域」と呼称し、非磁

性層パターン10上に形成された部分を「上段領域」と呼称するものとする。ここで、記録ギャップ層11が、本発明における「ギャップ層」の一具体例に対応し、非磁性層パターン10が、本発明における「第1の非磁性層パターン」の一具体例に対応する。

次に、図2に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料、例えば窒化鉄よりなるポールチップ前駆層112（以下、単に「窒化鉄層」ともいう）を約0.8～2.0 μm の厚みで形成する。このポールチップ前駆層112は、後工程においてエッチング処理によってパターニングされることにより、ポールチップ部12cとなる前準備層である。以下の説明では、このように後工程で所定の形状となるようにパターニングされることとなる前準備層を「前駆層」と称呼し、同様に表記するものとする。図2に示したように、ポールチップ前駆層112の表面部は、非磁性層パターン10等によって構成された下地の凹凸構造に対応した凹凸をなすこととなる。なお、ポールチップ前駆層112の形成材料としては、窒化鉄の他、例えば、窒化鉄と同様に1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料であるパーマロイや、コバルト鉄合金（FeCo）、ジルコニウムコバルト鉄合金酸化物（FeCoZrO）またはジルコニウム鉄合金窒化物（FeZrN）などのアモルファス合金を用いるようにしてもよい。ここで、ポールチップ前駆層112が、本発明における「磁性材層」の一具体例に対応する。

次に、図3に示したように、例えばCMP法により、ポールチップ前駆層112の表面を研磨して平坦化する。このときの研磨処理は、例えば、非磁性層パターン10の配設領域よりも前側の領域におけるポールチップ前駆層112の膜厚が約0.5～1.5 μm 程度になるまで行う。

次に、図3および図9に示したように、ポールチップ前駆層112上の所定の位置に、例えばフレームめっき法により、鉄（Fe）、ニッケル（Ni）およびコバルト（Co）を含み、1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料、例えば鉄ニッケルコバルト合金（CoNiFe；Co：45重量%，Ni：30重量%，Fe：25重量%）よりなるポールチップ部12aを約1.5～2.5 μm の厚みで選択的に形成する。ポールチップ部12aを形成する際には、同時

に、開口部 10 k の上方におけるポールチップ前駆層 112 上に磁路接続部 12 b を選択的に形成する。ポールチップ部 12 a および磁路接続部 12 b の双方は、上部磁極 12 の一部を構成するものである。なお、ポールチップ部 12 a の形成材料としては、上記した 3 つの金属元素と共に、クロム (Cr)、ボロン (B)、金 (Au) および銅 (Cu) のうちの少なくとも 1 種を含むものを用いるようにしてよい。

ポールチップ部 12 a は、例えば、後述する図 13 に示したような平面形状を有するものであり、後工程においてエアベーリング面 80 となる側（図 3 における左側）から順に、先端部 12 a (1)、中間部 12 a (2) および後端部 12 a (3) を含んでいる。先端部 12 a (1) は、記録媒体上の記録トラック幅を規定する一定幅を有する部分である。ポールチップ部 12 a の構造的特徴については後述する。ポールチップ部 12 a を形成する際の上記の「所定の位置」とは、例えば、ポールチップ部 12 a が記録ギャップ層 11 の下段領域から上段領域にかけて延在すると共に、特に、非磁性層パターン 10 の最前端が先端部 12 a (1) の延在領域内に位置することとなるような位置である。ここで、ポールチップ部 12 a が、本発明における「第 1 の磁性膜」の一具体例に対応する。

フレームめっき法によってポールチップ部 12 a を形成する際には、まず、例えば、スパッタリングにより、電解めっき法におけるシード層となる電極膜（図示せず）を約 70 μm の厚みに形成する。この電極膜の形成材料としては、例えば、1.5 以上の高い磁束密度を有する鉄ニッケルコバルト合金 (Co : 45 重量%, Ni : 30 重量%, Fe : 25 重量%) などを用いるようにする。次に、この電極膜上に、例えばポジティブ型のフォトレジスト（以下、単に「フォトレジスト」という。）を塗布して、フォトレジスト膜（図示せず）を形成する。次に、所定の形状パターンを有するマスク（図示せず）を用いて、フォトレジスト膜の所定の領域を選択的に露光する。このとき用いるマスクの材質は、下部磁極 9 を形成するために用いたマスクの場合と同様である。次に、フォトレジスト膜の露光領域を現像することにより、フレームめっき法においてめっき処理を行う際に用いるフレームパターン（外枠）（図示せず）を形成する。このフレームパターンは、上記の露光領域に対応した開口部を備えるものである。次に、フレー

ムパターンをマスクとして用いると共に先工程において形成した電極膜をシード層として用いて、電解めつき法により、鉄ニッケルコバルト合金（C o : 4 5 重量%， N i : 3 0 重量%， F e : 2 5 重量%）よりなるポールチップ部1 2 a を形成する。最後に、フレームパターンを除去する。なお、磁路接続部1 2 b もまた、上記したポールチップ部1 2 a の場合と同様の形成材料および形成方法を用いて形成する。

次に、ポールチップ部1 2 a および磁路接続部1 2 b の双方をマスクとして、例えばR I Eにより、ポールチップ前駆層1 1 2 をエッチングしてパターニングする。このエッチング処理により、ポールチップ前駆層1 1 2 のうち、ポールチップ部1 2 a および磁路接続部1 2 b のそれぞれの配設領域以外の部分が選択的に除去され、図4および図10に示したように、上部磁極1 2 の一部を構成するポールチップ部1 2 c および磁路接続部1 2 d が形成される。ポールチップ前駆層1 1 2 をパターニングするためのエッチング方法としてR I Eを用いることにより、ポールチップ部1 2 c および磁路接続部1 2 d を高精度かつ短時間で形成することができる。なお、ポールチップ部1 2 c 等を形成するためのエッチング処理により、マスク自体、すなわちポールチップ部1 2 a および磁路接続部1 2 b のそれ自体もエッチングされ、その膜厚は減少することとなる。

ポールチップ部1 2 c 等を形成するためのR I Eによるエッチング処理を行う際には、特に、ハロゲン元素を含むエッチングガス、例えば塩素（C l₂）、三塩化ボロン（B C l₂）、塩化水素（H C l）、四フッ化炭素（C F₄）、六フッ化硫黄（S F₆）および三臭化ボロン（B B r₃）のうちの少なくとも1種に水素（H₂）、酸素（O₂）、窒素（N₂）およびアルゴン（A r）などを添加したエッチングガスを用いると共に、加工温度を50℃以上とするのが好適である。このようなガス雰囲気中および温度下においてR I Eによるエッチング処理を行うことにより、特に、窒化鉄よりなるポールチップ前駆層1 1 2 に対するエッチング処理の化学反応が促進されるため、ポールチップ部1 2 c および磁路接続部1 2 d の形成に要する時間をより短縮することができる。なお、エッチング処理をより短時間で行いたい場合には、例えば、加工温度を90℃以上または50℃～300℃の範囲内とするのがより好適である。

ポールチップ部12cおよび磁路接続部12dは、ポールチップ部12aおよび磁路接続部12bのそれぞれとほぼ同様の構造的特徴を有するものである。ポールチップ部12cは、ポールチップ部12aの先端部12a(1)、中間部12a(2)、後端部12a(3)に対応する先端部12c(1)、中間部12c(2)、後端部12c(3)を有するものである。先端部12c(1)は、先端部12a(1)と同様に、記録媒体上の記録トラック幅を規定する一定幅を有する部分である。ポールチップ部12cおよび磁路接続部12dのそれぞれは、ポールチップ部12aおよび磁路接続部12bと同様に、1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料（窒化鉄）よりなるものである。以下では、ポールチップ部12aおよびポールチップ部12cを総称して、単に「上部ポールチップ12ac」ともいう。

上記したように、上部ポールチップ12acは、ポールチップ部12aおよびポールチップ部12cの集合体として形成される。すなわち、上部ポールチップ12acは、単一の形成工程において一括して構築されるものではなく、例えば上下に2分割されたポールチップ部12a（上層部分）およびポールチップ部12c（下層部分）のそれぞれの形成工程を経て構築される。ここで、ポールチップ部12cが、本発明における「第2の磁性膜」の一具体例に対応する。また、ポールチップ部12aの先端部12a(1)およびポールチップ部12cの先端部12c(1)が、本発明における「一定幅部分」の一具体例に対応し、上部ポールチップ12acが、本発明における「所定の磁性層部分」の一具体例に対応する。

次に、上部ポールチップ12acをマスクとして、例えばRIEにより、全体（磁路接続部12b、12dの配設領域を除く）に約0.3～0.4μm程度エッティングする。このエッティング処理により、記録ギャップ層11および下部磁極9のうち、上部ポールチップ12acの配設領域以外の領域における部分が選択的に除去され、掘り下げられる。なお、上記のエッティング処理を行う際には、非磁性層パターン10のうちの上方側の一部も選択的に除去されるようとする。このような非磁性層パターン10の選択的除去は、アルミナ（非磁性層パターン10）に対するエッティング速度が窒化鉄（下部磁極9）に対するエッティング速度よ

りも遅くなるようにエッティング条件を調整することにより可能となる。このエッティング処理により、図5および図11に示したように、トリム構造を有する磁極部分100が形成される。この磁極部分100は、ポールチップ部12aの先端部12a(1)と、ポールチップ部12cの先端部12c(1)と、下部磁極9のうちの先端部12a(1)等に対応する部分と、この下部磁極9の一部と先端部12a(1)等とによって挟まれた記録ギャップ層11のうちの一部とによって構成されている。磁極部分100を構成する上記の各部位は、互いにほぼ同様の幅を有している。RIEを用いることにより、記録ギャップ層11および下部磁極9に対するエッティング処理を短時間で行うことができる。

特に、記録ギャップ層11および下部磁極9をRIEによりエッティングする際には、例えば、塩素と三塩化ボロンとの混合ガスをエッティングガスとして用いると共に、加工温度を100°C～200°Cの範囲内となるようにするのが好適である。このようなガス雰囲気中および温度下においてRIEによるエッティング処理を行うことにより、エッティング処理を高精度に制御しながら実施することができると共に、エッティング処理に要する時間をより短縮することができる。このエッティング処理により、ポールチップ部12aおよび磁路接続部12bのそれぞれ自身もエッティングされ、その膜厚はさらに減少することとなる。

次に、図5に示したように、全体を覆うように、例えばアルミナよりなる絶縁膜13を約0.3～0.5μmの厚みで形成する。

次に、図6に示したように、上部ポールチップ12acの配設領域よりも後方の領域（磁路接続部12b, 12dの配設領域を除く）における平坦な絶縁膜13上に、例えば電解めっき法により、例えば銅（Cu）よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル14を約1.0～1.5μmの厚みで選択的に形成する。この薄膜コイル14は、例えば、後述する図13に示したような渦巻状の平面構造を有するものである。なお、図6では、薄膜コイル14の一部分のみを図示している。薄膜コイル14を形成する際には、同時に、例えば、その内側の終端部における絶縁膜13上に、コイル接続部14sを薄膜コイル14と一体に形成する。このコイル接続部14sは、薄膜コイル14と後工程において形成されるコイル接続配線12eh（図7参照）とを電気的に接続させるためのものである。

次に、薄膜コイル 14（コイル接続部 14s を含む）の各巻線間およびその周辺に、加熱時に流動性を示す材料、例えばフォトレジストなどの有機絶縁材料を高精度のフォトリソグラフィ処理により所定のパターンとなるように形成する。次に、このフォトレジスト膜に対して、例えば 200°C～250°C の範囲内における温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、図 6 に示したように、フォトレジストが流動して薄膜コイル 14 等の各巻線間を隙間なく埋めつくし、薄膜コイル 14 等の各巻線間を絶縁化するための絶縁膜 15 が形成される。絶縁膜 15 を形成する際には、絶縁膜 15 が薄膜コイル 14 およびコイル接続部 14s の双方の上面を覆わないようにしてもよいし（図 6 参照）、または覆うようにしてもよい。

次に、図 6 に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナ層 16p を約 3.0～4.0 μm の厚みで形成して、上部ポールチップ 12ac、磁路接続部 12b, 12d、薄膜コイル 14 およびコイル接続部 14s 等によって構成された凹凸構造領域を埋設する。

次に、例えば CMP 法により、アルミナ層 16p の表面全体を研磨して平坦化する。この研磨処理により、図 7 に示したように、薄膜コイル 14 等を埋設する絶縁膜 16 が形成される。このときの研磨処理は、少なくともポールチップ部 12a および磁路接続部 12b が露出するまで行う。絶縁膜 16 の形成材料としてアルミナなどの無機絶縁材料を用いることにより、フォトレジストなどの軟絶縁材料を用いる場合とは異なり、CMP 研磨盤の研磨面が目詰まりを起こすことを防止できると共に、研磨後の表面をより平滑に形成することができる。

次に、図 7 に示したように、例えば RIE またはイオンミリングにより、コイル接続部 14s の上方を覆っている絶縁膜 16 を部分的にエッチングして、コイル接続部 14s と後工程において形成されるコイル接続配線 12eh とを接続させるための開口部 16k を形成する。

次に、図 7 に示したように、平坦化された領域のうち、磁路接続部 12b の上方からポールチップ部 12a の後端部 12a(3) の上方にかけての領域に、上部磁極 12 の一部を構成する上部ヨーク 12e を約 2.0～3.0 μm の厚みで選択的に形成する。この上部ヨーク 12e は、例えば、後述する図 13 に示したよ

うな平面形状を有するものであり、薄膜コイル 1 4 の上方領域に延在するヨーク部 1 2 e (1) と、ヨーク部 1 2 e (1) の前方においてポールチップ部 1 2 a の後端部 1 2 a (3) の一部と部分的にオーバーラップするように延在する接続部 1 2 e (2) とを含んでいる。上部ヨーク 1 2 e の構造的特徴については後述する。上部ヨーク 1 2 e は、その後方部分において、開口部 1 0 k を通じて磁路接続部 1 2 b, 1 2 d を介して下部磁極 9 と磁気的に連結されると共に、その前方部分において、ポールチップ部 1 2 a を介してポールチップ部 1 2 c とも磁気的に連結される。

上部ヨーク 1 2 e を形成する際には、同時に、コイル接続部 1 4 s の上方から図示しない外部回路にかけての領域にコイル接続配線 1 2 e h を形成する。このコイル接続配線 1 2 e h は、コイル接続配線 1 4 s と外部回路（図示せず）とを電気的に接続させるためのものである。上部ヨーク 1 2 e およびコイル接続配線 1 2 e h の形成材料および形成方法は、例えば、下部磁極 9 等の場合と同様である。すなわち、例えばスパッタリングにより、例えば 1.5 以上の高い磁束密度を有する磁性材料である窒化鉄層を形成したのち、この窒化鉄層を RIE によりエッチングしてパターニングすることにより上部ヨーク 1 2 e 等を形成する。上部ヨーク 1 2 e を形成する場合においても、下部磁極 9 等を形成した場合と同様に、RIE によるエッチング処理を行う際のエッチング条件（エッチングガスのガス種および加工温度等）を適正化することにより、上部ヨーク 1 2 e を高精度かつ短時間で形成することができる。

上部ヨーク 1 2 e を形成する際には、例えば、その最前端が、ポールチップ部 1 2 a における中間部 1 2 a (2) と後端部 1 2 a (3) との連結位置よりも後方に位置するようにする。具体的には、上部ヨーク 1 2 e の最前端が、後工程において形成されるエアベアリング面 8 0（図 8 参照）の位置から約 0.5 μm 以上離れて位置するようにするのが好適である。エアベアリング面 8 0 から十分に離れた位置に上部ヨーク 1 2 e を配設することにより、上部ヨーク 1 2 e からエアベアリング面 8 0 への磁束の直接放出に起因するサイドイレイズ現象の発生を回避することができるからである。また、例えば、上部ヨーク 1 2 e の最後端の位置が、磁路接続部 1 2 b, 1 2 d の最後端の位置とほぼ一致するように

する。ここで、ポールチップ部 12a, 12c (上部ポールチップ 12ac)、磁路接続部 12b, 12d および上部ヨーク 12e によって構成される上部磁極 12 が、本発明における「第1の磁性層」の一具体例に対応する。

次に、図 7 に示したように、全体を覆うように、絶縁材料、例えばアルミナなどの無機絶縁材料よりなるオーバーコート層 17 を約 20~40 μm の厚みで形成する。

最後に、図 8 に示したように、機械加工や研磨工程により記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面 80 を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。このときの上部ヨーク 12e 周辺における立体的構造は、図 12 に示したようになる。

<薄膜磁気ヘッドの製造方法における作用および効果>

次に、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における作用および効果について説明する。

本実施の形態では、ポールチップ前駆層 112 を形成したのち、このポールチップ前駆層 112 上にポールチップ部 12a を形成し、このポールチップ部 12a をマスクとして用いてポールチップ前駆層 112 をパターニングすることによりポールチップ部 12c を形成するようにしている。このような場合には、以下のような理由により、ポールチップ部 12c を形成するための製造工程数を削減することができる。すなわち、例えば、ポールチップ前駆層 112 を形成したのち、ポールチップ部 12a を形成せずにポールチップ部 12c を形成するためには、新たに、ポールチップ前駆層 112 をパターニングするためのマスクを形成する工程が必要となる。これに対して、本実施の形態では、ポールチップ前駆層 112 をパターニングするためのマスクとしてポールチップ部 12a を用いているので、新たにパターニング用のマスクを形成する工程が不要となる。しかも、マスクとして使用されるポールチップ部 12a は、上部ポールチップ 12ac の一部を構成するものであるため、ポールチップ前駆層 112 をパターニングしたのち、マスクを除去する工程も不要となる。

また、本実施の形態では、非磁性層パターン 10 等によって構成された凹凸領域を含む下地上にポールチップ前駆層 112 を形成したのち、このポールチップ

前駆層112の表面をC M P法等により研磨して平坦化するようにしているので、以下のような理由により、ポールチップ部12aを高精度に形成することができる。すなわち、ポールチップ前駆層112を平坦化しないと、このポールチップ前駆層112の表面部は、下地（非磁性層パターン10等）の凹凸領域に対応した凹凸構造をなすこととなる。このような場合には、従来問題とされていたように、フォトレジスト膜に対する露光工程において、下地の斜面部から反射する反射光の影響により、フォトレジスト膜中の露光領域（特に極微小幅部分）が拡大し、フレームパターンの形成精度が大きく低下してしまう。これに対して、本実施の形態では、研磨工程によって平坦化された下地（ポールチップ前駆層112）上において露光処理が行われるため、従来の場合とは異なり、露光工程における反射光の発生が抑制され、露光領域の拡大が抑制される。これにより、ポールチップ部12aを形成するためのフレームパターンを高精度に形成することが可能となる。具体的には、フレームパターンの形成の高精度化に基づき、ポールチップ部12aにおける先端部12a(1)の幅を例えば約0.1~0.3μmまで極微小化することが可能となる。

また、上部ポールチップ12a cの分割形成は、以下の観点においても、上部ポールチップ12a cの高精度化に寄与することとなる。すなわち、上部ポールチップ12a cを分割して形成せずに、フレームめつき法によって一括して形成する場合には、従来問題とされていたように、上部ポールチップ12a cの形成に必要なフォトレジスト膜の膜厚とフォトレジスト膜に対する加工幅（特に極微小幅部分）との差異が大きすぎるために、フレームパターンの形成精度が大きく低下してしまう。これに対して、本実施の形態では、上部ポールチップ12a cを分割して形成することにより、その一部であるポールチップ部12aを形成するためのフォトレジスト膜の膜厚は、上部ポールチップ12a cを一括して形成する場合に必要なフォトレジスト膜の膜厚よりも小さくなる。このフォトレジスト膜の膜厚の減少により、ポールチップ部12aの形成精度が向上することとなる。

また、本実施の形態では、ポールチップ部12aの形成材料として、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料、例えば鉄ニッケルコバルト合金（C o N i

F e) を用いるようにしている。一般に、この鉄ニッケルコバルト合金は、パーマロイや窒化鉄等の磁性材料よりも硬い磁性材料であるため、鉄ニッケルコバルト合金に対するエッティング速度は、パーマロイや窒化鉄等に対するエッティング速度よりも遅くなる。このため、ポールチップ前駆層 1 1 2 をパターニングするためのエッティング処理時において、ポールチップ前駆層 1 1 2 に対するエッティング量よりもポールチップ部 1 2 a に対するエッティング量を小さくし、ポールチップ部 1 2 a の膜減りを抑制することができる。これにより、ポールチップ前駆層 1 1 2 をパターニングするために鉄ニッケルコバルト合金よりなるポールチップ部 1 2 a をマスクとして使用することが可能となる。ただし、ポールチップ部 1 2 a の形成時には、エッティング処理時における「膜減り」を見こして、ポールチップ部 1 2 a の厚みを必要かつ十分に確保しておく必要がある。ポールチップ部 1 2 a に対するエッティング量（膜減り量）は、エッティングガスの種類や加工温度などのエッティング条件を変更することにより調整可能である。

ポールチップ部 1 2 a の形成材料としての鉄ニッケルコバルト合金は、形成されることとなるポールチップ部 1 2 a の膜厚が適度に薄い場合にのみ使用するのが好ましい。なぜなら、例えば、鉄ニッケルコバルト合金を形成材料として用いて、上部ポールチップ 1 2 a c を一括して形成しようとすると、内部応力の蓄積に起因して鉄ニッケルコバルト合金が部分的に割れたり、剥がれてしまい、上部ポールチップ 1 2 a c を正常に形成することができないからである。具体的には、約 2.5 μm 以下の膜厚を有する磁性層部分を形成する場合に、その形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用いることが可能となる。上部ポールチップ 1 2 a c を分割形成し、ポールチップ部 1 2 a の膜厚を適度に薄くすることにより、鉄ニッケルコバルト合金などの硬い磁性材料を用いた場合においても、上記の「割れ」または「剥がれ」等を回避し、ポールチップ部 1 2 a を安定的に形成することができる。

また、本実施の形態では、ポールチップ前駆層 1 1 2 をパターニングするためのエッティング方法として R I E を用いるようにしたので、イオンミリングを用いる場合よりも、ポールチップ部 1 2 c を高精度かつ短時間で形成することができる。特に、R I E によるエッティング処理を適正なエッティング条件下において行う

ようにしたので、ポールチップ部 12c の形成に要する時間をより短縮することができる。

なお、エッティング手法として RIE を用いた場合の形成精度の向上および形成時間の短縮に関する効果は、下部磁極 9 や上部ヨーク 12e を形成する場合においても同様である。

また、本実施の形態では、上部ポールチップ 12ac をマスクとして記録ギャップ層 11 および下部磁極 9 を選択的にエッティングするための手法として RIE を用いるようにしたので、上記したポールチップ部 12c の形成の場合と同様の作用により、記録ギャップ層 11 および下部磁極 9 に対するエッティング加工を高精度かつ短時間で形成することができる。この場合においても、エッティング条件を適正化することにより、エッティング加工に要する時間をより短縮することができる。

また、本実施の形態では、図 5 および図 11 に示したように、エッティング処理によって磁極部分 100 を形成する際に、上部ポールチップ 12ac の周辺領域における非磁性層パターン 10 の一部もエッティングして除去するようにしたので、薄膜コイル 14 を形成することとなる下地の表面の位置は、非磁性層パターン 10 の一部をエッティングしない場合における下地の表面の位置よりも低くなる。このため、後工程において、薄膜コイル 14 の上方には十分な厚みを有する絶縁膜 16 が形成されることとなるので、薄膜コイル 14 と後工程において形成される上部ヨーク 12e との間を確実に絶縁することができる。

また、薄膜コイル 14 を形成することとなる下地の表面の位置を低くすることにより、この観点においても、以下のような理由により、ポールチップ部 12a の形成の安定化に寄与することができる。すなわち、例えば、下地の表面の位置を固定した場合、薄膜コイル 14 の上方に配設されることとなる絶縁膜 16 の膜厚は、ポールチップ部 12a の膜厚に依存することとなる。このような場合において、薄膜コイル 14 の上方に配設されることとなる絶縁膜 16 の膜厚を厚くするためには、ポールチップ部 12a の膜厚を厚くしなければならない。しかしながら、上記したように、鉄ニッケルコバルト合金よりなるポールチップ部 12a の膜厚を厚くすると、その形成が不安定化することとなる。これに対して、本実

施の形態では、下地の表面の位置を低くすることにより、薄膜コイル14の上方における絶縁膜16の厚みを十分に確保しつつ、ポールチップ部12aの膜厚を小さくすることができる。したがって、上記したポールチップ部12aの膜厚が大きい場合の不具合を回避することができる。

また、本実施の形態では、薄膜コイル14（コイル接続部14sを含む）の各巻線間を埋め込む絶縁膜15の形成材料として、加熱時に流動性を示すフォトレジストなどの有機絶縁材料を用いるようにしたので、加熱時に流動性を示さないアルミナなどの無機絶縁材料を用いる場合とは異なり、薄膜コイル14等の各巻線間を隙間なく埋めつくすことができ、確実に絶縁することができる。

＜薄膜磁気ヘッドの構造＞

次に、図8、図12および図13を参考して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造について説明する。

図13は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。なお、図13では、絶縁膜15、16およびオーバーコート層17等の図示を省略している。また、薄膜コイル14については、その最外周部分のみを図示し、非磁性層パターン10については、その最外端のみを図示している。図8Aは、図13におけるVIIIA-VIIIA線に沿った矢視断面に相当する。なお、図13中のX、Y、Z軸方向に関するそれぞれの表記については、図1～図12の場合と同様とする。

図13に示したように、非磁性層パターン10の最前端の位置は、スロートハイト（TH）を決定する際の基準となる位置、すなわちスロートハイトゼロ位置（TH0位置）である。スロートハイト（TH）は、非磁性層パターン10の最前端の位置（TH0位置）からエアベーリング面80までの長さとして規定される。また、図13における「MRH0位置」は、MR膜5の最後端の位置、すなわちMRハイトゼロ位置を表している。MRハイト（MRH）は、MRハイトゼロ位置からエアベーリング面80までの長さである。スロートハイトゼロ位置（TH0位置）とMRハイトゼロ位置（MRH0位置）とは、例えば、ほぼ一致している。

上部磁極12は、例えば、それぞれ別個に形成された上部ポールチップ12a

c、磁路接続部12b、12dおよび上部ヨーク12eによって構成されている。すなわち、上部磁極12は、これらの各部位の集合体である。

上部ヨーク12eは、薄膜コイル14により発生した磁束を収容するたの大きな面積を有するヨーク部12e(1)と、ヨーク部12e(1)よりも小さい一定幅を有する接続部12e(2)とを含んでいる。ヨーク部12e(1)の幅は、例えば、その後方部においてほぼ一定であり、その前方部においてエアベアリング面80に近づくにつれて徐々に狭まるようになっている。また、接続部12e(2)の幅は、例えば、ポールチップ部12aの後端部12a(3)の幅よりも大きくなっている。ただし、必ずしもこのような場合に限らず、例えば、前者の幅が後者の幅よりも小さくなるようにしてもよい。

上部ポールチップ12acは、例えば、2層構造を有し、上層部分としてのポールチップ部12aと下層部分としてのポールチップ部12cとによって構成されている。

ポールチップ部12aは、エアベアリング面80から順に先端部12a(1)、中間部12a(2)および後端部12a(3)を含んでいる。これらの各部位は、例えば、矩形状の平面形状を有するものである。先端部12a(1)は、その全域にわたってほぼ一定な幅を有し、この幅は記録時の記録トラック幅を画定するものである。中間部12a(2)の幅は先端部12a(1)の幅よりも大きく、後端部12a(3)の幅は中間部12a(2)の幅よりも大きくなっている。すなわち、先端部12a(1)と中間部12a(2)との連結部分（以下、単に「第1の連結部分」ともいう。）および中間部12a(2)と後端部12a(3)との連結部分（以下、単に「第2の連結部分」ともいう。）のそれぞれには、幅方向の段差が形成されている。ポールチップ部12aを構成する各部位の各幅方向の中心は互いに一致している。

ポールチップ部12aにおける第1の連結部分の位置は、例えば、TH0位置（またはMRH0位置）の位置よりも後退している。上部ヨーク12eの前側の端縁面12efの位置は、例えば、ポールチップ部12aにおける第2の連結部分の位置よりも後退している。すなわち、上部ヨーク12eは、エアベアリング面80から離れて位置している。なお、上部ヨーク12eの配設位置は、必ずし

も上記のような場合に限らず、例えば、端縁面 1 2 e f の位置が第 2 の連結部分の位置とほぼ一致するようにしてもよい。上部ヨーク 1 2 e およびポールチップ部 1 2 a の各幅方向の中心は、互いに一致している。

ポールチップ部 1 2 a の第 1 の連結部分において、先端部 1 2 a (1) の側縁面と中間部 1 2 a (2) の前側の端縁面とが交わるコーナー部における角度 γ は、例えば 90 度である。なお、このコーナー部の角度 γ は必ずしもこれに限られるものではなく、例えば 90 度ないし 120 度の範囲内となるようにするのが好適である。角度 γ を上記の範囲内とすることにより、後端部 1 2 a (3) および中間部 1 2 a (2) から先端部 1 2 a (1) に流入する磁束の流れを円滑化することができるからである。

ポールチップ部 1 2 c は、ポールチップ部 1 2 a とほぼ同様の構造を有するものである。ポールチップ部 1 2 c は、ポールチップ部 1 2 a の先端部 1 2 a (1) 、中間部 1 2 a (2) および後端部 1 2 a (3) にそれぞれ対応する先端部 1 2 c (1) 、中間部 1 2 c (2) および後端部 1 2 c (3) を含んでいる。

図 8 (A) 、図 1 2 および図 1 3 に示したように、上部ポールチップ 1 2 a c は、記録ギャップ層 1 1 の下段領域上から上段領域上にかけて延在している。上部ヨーク 1 2 e の前側の一部は、ポールチップ部 1 2 a の後端部 1 2 a (3) の一部と部分的にオーバーラップして磁気的に連結され、ポールチップ部 1 2 a を介してポールチップ部 1 2 c とも磁気的に連結されている。一方、図 8 (A) および図 1 3 に示したように、上部ヨーク 1 2 e の後方の一部は、開口部 1 0 k において、磁路接続部 1 2 b , 1 2 d を介して下部磁極 9 とも磁気的に連結されている。すなわち、上部磁極 1 2 (上部ポールチップ 1 2 a c , 磁路接続部 1 2 b , 1 2 d , 上部ヨーク 1 2 e) と下部磁極 9 とが接続されることにより、磁束の伝搬経路、すなわち磁路が形成されている。

図 1 3 に示したように、薄膜コイル 1 4 は、渦巻状の平面形状を有する巻線体である。薄膜コイル 1 4 のうち、例えばその内側の終端部および外側の終端部には、コイル接続部 1 4 s および端子 1 4 x がそれぞれ形成されている。双方の部位は、薄膜コイル 1 4 と一体をなすものである。コイル接続部 1 4 s 上にはコイル接続配線 1 2 e h が形成されており、薄膜コイル 1 4 とコイル接続配線 1 2 e

h とは、コイル接続部 1 4 s を介して電気的に接続されている。端子 1 4 x およびコイル接続配線 1 2 e h の後端部分（図示せず）は、共に図示しない外部回路に接続されており、この外部回路によって薄膜コイル 1 4 を通電させることができるようにになっている。

図 8 A、図 1 2 および図 1 3 に示したように、非磁性層パターン 1 0 は、例えば、その最前端が、ポールチップ部 1 2 c における先端部 1 2 c (1) の延在領域内に位置するようになっている。図 8 A および図 1 3 に示したように、非磁性層パターン 1 0 は、例えば、上部磁極 1 2 および薄膜コイル 1 4 の配設領域をほぼ含むような広範囲な領域に配設されている。

＜薄膜磁気ヘッドの構造に関する作用および効果＞

次に、図 8 A、図 1 2 および図 1 3 を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する作用および効果について説明する。

ここでは、まず、薄膜磁気ヘッドの基本的動作、すなわち、記録媒体に対するデータの記録動作および記録媒体からのデータの再生動作について簡単に説明する。

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、情報の記録動作時に図示しない外部回路を通じて薄膜コイル 1 4 に電流が流れると、これに応じて磁束が発生する。このとき発生した磁束は、上部ヨーク 1 2 e 内をヨーク部 1 2 e (1) から接続部 1 2 e (2) へ伝搬し、上部ヨーク 1 2 e と磁気的に連結されているポールチップ部 1 2 a の後端部 1 2 a (3) へ流入する。後端部 1 2 a (3) に流入した磁束は、中間部 1 2 a (2) を経由して先端部 1 2 a (1) へ伝搬する。先端部 1 2 a (1) へ伝搬した磁束は、さらにそのエアベアリング面 8 0 側の先端部分に到達する。このとき、ポールチップ部 1 2 a の後端部 1 2 a (3) に流入した磁束の一部は、ポールチップ部 1 2 a と磁気的に連結されているポールチップ部 1 2 c の後端部 1 2 c (3) にも伝搬し、同様に中間部 1 2 c (2) を経由して先端部 1 2 c (1) の先端部分まで到達する。先端部 1 2 a (1) および先端部 1 2 c (1) の双方の先端部分に到達した磁束により、記録ギャップ層 1 1 近傍の外部に記録用の信号磁界が発生する。この信号磁界により、磁気記録媒体を部分的に磁化して、情報を記録することができる。

一方、再生時においては、再生ヘッド部のMR膜5にセンス電流を流す。MR膜5の抵抗値は、磁気記録媒体からの再生信号磁界に応じて変化するので、その抵抗変化をセンス電流の変化によって検出することにより、磁気記録媒体に記録されている情報を読み出すことができる。

本実施の形態では、上部ポールチップ12a cのうち、磁極部分100の一部を構成する一定幅部分が上下に配設された2つの部位（先端部12a(1), 12c(1)）により構成されるようになると共に、双方の部位が1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料よりなるようにしたので、記録密度を高めるために磁極幅を極微小化した場合においても、磁束の飽和現象が抑制され、磁束の伝搬が円滑化される。これにより、磁気ボリュームの小さい先端部12a(1), 12c(1)のそれぞれの先端部まで十分な量の磁束が供給されるため、優れたオーバーライト特性を確保することができる。

また、本実施の形態では、上部ポールチップ12a cを2層構造とし、その上層部分であるポールチップ部12aの形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用い、下層部分であるポールチップ部12cの形成材料としてニッケル鉄を用いるようにしたので、この観点においても、優れたオーバーライト特性の確保に寄与することとなる。その理由は、以下の通りである。すなわち、一般に、ポールチップ部12aの形成材料として用いられる鉄ニッケルコバルト合金は、上記したように、その高い硬度特性によりエッチングマスクとして利用することが可能な反面、めっき処理時におけるその組成制御が困難である。組成制御が十分でないと、鉄ニッケルコバルト合金中において部分的に磁束密度の差異が生じ、磁束の伝搬特性に偏りが生じてしまう可能性がある。一方、ポールチップ部12cの形成材料として用いられるニッケル鉄は、形成手法としてスパッタリングを用いることにより、その組成を比較的容易に制御することができる。これらのことから、鉄ニッケルコバルト合金の組成が多少乱れ、ポールチップ部12a内における磁束の伝搬特性にばらつきが生じたとしても、組成が適正に制御されたニッケル鉄よりなるポールチップ部12cにおいて、適正な磁束の伝搬が確保されることとなる。

また、本実施の形態では、平坦な下部磁極9上に隣接するように、例えばアル

ミナなどの非磁性材料よりなる非磁性層パターン10を配設している。この非磁性層パターン10は、磁束の遮蔽材として機能し、その上方領域から下方領域に向かう磁束の流れ（磁束の漏れ）を抑制するものである。この非磁性層パターン10の存在により、上部ポールチップ12acと下部磁極9との間に厚みの薄い記録ギャップ層11しか配設しない場合よりも、非磁性層パターン10の配設領域に対応する領域において、上部ポールチップ12acから記録ギャップ層11を通過して下部磁極9へ磁束が伝搬することを抑制することができる。特に、非磁性層パターン10の最前端がポールチップ部12aの先端部12a(1)（またはポールチップ部12cの先端部12c(1)）の延在領域内に位置するようにすることにより、上部ポールチップ12acのほぼ全領域において「磁束の漏れ」を抑制することができる。したがって、上部ポールチップ12ac内の磁束の伝搬過程において、「磁束の漏れ」に起因する磁束の伝搬ロスを回避することができる。この点もまた、優れたオーバーライト特性の確保に寄与することとなる。なお、非磁性層パターン10は、上部ポールチップ12acから下部磁極9へ磁束が伝搬することを抑制すると同時に、下部磁極9から上部ポールチップ12acへ磁束が伝搬することをも抑制することができる。

また、本実施の形態では、ポールチップ部12aを構成する先端部12a(1)，中間部12a(2)，後端部12a(3)のそれぞれの幅W1，W2，W3がW1<W2<W3の関係となるようにしたので、上記の各部位の磁気ボリュームをそれぞれV1，V2，V3とすると、各部位間の磁気ボリュームの関係もまたV1<V2<V3となる。このため、ポールチップ部12aに流入した磁束は、後端部12a(3)から中間部12a(2)を経由して先端部12a(1)まで伝搬する過程において、磁気ボリュームの段階的な減少に応じて段階的に集束され、先端部12a(1)には十分な量の磁束が供給される。このように、ポールチップ部12aを構成する各部位の磁気ボリュームを適正化することにより、磁束の伝搬過程における磁束の飽和現象が回避される。この点もまた、優れたオーバーライト特性の確保に寄与する。なお、上記した磁気ボリュームの段階的減少に基づく効果は、ポールチップ部12cについても同様である。

また、本実施の形態では、非磁性層パターン10の前端縁部近傍が斜面をなす

ようにしたので、この斜面部の上方領域における上部ポールチップ 1 2 a c 内の磁束の流れを円滑化することができる。

また、本実施の形態では、上部ヨーク 1 2 e の最前端の位置が、エアベアリング面 8 0 の位置よりも後退するようにしたので、上部ヨーク 1 2 e からエアベアリング面 9 0 側に対して磁束が直接放出されることを回避することができる。このため、サイドイレーズ現象の発生を防止することができる。

＜第 1 の実施の形態に関する変形例＞

なお、本実施の形態では、ポールチップ前駆層 1 1 2 （ポールチップ部 1 2 c ）およびポールチップ部 1 2 a の双方の形成材料として、共に 1.5 テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料（例えば、窒化鉄、鉄ニッケルコバルト合金等）を用いるようにしている。ここで、上記のそれぞれの部位を形成するために用いる磁性材料の磁束密度は自由に設定することが可能である。具体的には、例えば、それぞれの部位の形成材料として、互いに等しい磁束密度を有する 2 種類の磁性材料を用いるようにしてもよいし、または互いに異なる磁束密度を有する 2 種類の磁性材料を用いるようにしてもよい。いずれの場合においても、上記実施の形態の場合とほぼ同様の効果を得ることができる。ただし、互いに異なる磁束密度を有する磁性材料を用いる場合には、例えば、以下のような理由により、ポールチップ前駆層 1 1 2 を構成する磁性材料の磁束密度が、ポールチップ部 1 2 a を構成する磁性材料の磁束密度よりも大きくなるようにするのが好ましい。すなわち、薄膜磁気ヘッドの動作（例えば情報の記録等）は、主に、上部ポールチップ 1 2 a c のうち、記録ギャップ層 1 1 に近い側の領域を伝搬する磁束の作用に依存するところが大きい。このため、互いに異なる磁束密度を有する 2 種類の磁性材料を用いる場合には、上部ポールチップ 1 2 a c の上層領域（ポールチップ部 1 2 a ）よりも下層領域（ポールチップ部 1 2 c ）において磁束密度が大きくなるように磁束の分布状態（以下、「磁束密度プロファイル」ともいう。）を構築することが好ましいのである。ただし、必要に応じて、上部ポールチップ 1 2 a c の磁束密度プロファイルを自由に調整することも可能である。

また、本実施の形態では、下部磁極 9 、ポールチップ部 1 2 c および上部ヨーク 1 2 e 等の形成方法として、スパッタリングによって所定の磁性材層を形成し

たのち、その磁性材層をエッチング処理によってパターニングする手法を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、上記に各部位をフレームめっき法によって形成するようにしてもよい。ただし、ポールチップ前駆層112の組成を適正に制御し、最終的に形成されるポールチップ部12cの内部における磁束の伝搬性を良好に確保しようとするならば、ポールチップ部12cの形成材料として、上記実施の形態において説明したような手法を用いるようにするのが好適である。

また、本実施の形態では、ポールチップ部12aの形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、パーマロイや、窒化鉄や、コバルト鉄合金や、ジルコニウムコバルト鉄合金酸化物またはジルコニウム鉄合金窒化物などのアモルファス合金などを用いるようにしてもよい。なお、ポールチップ部12aの形成方法としては、上記したフレームめっき法に限らず、下部磁極9等を形成した場合と同様にスパッタリングおよびエッチング処理を用いるようにしてもよい。ただし、ポールチップ前駆層112のパターニング時においてマスクとして機能するポールチップ部12aの膜減り量を抑制するならば、上記実施の形態において説明したように、ポールチップ部12aの形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用いるようにするのが好適である。

また、本実施の形態では、下部シールド層3および上部シールド層7の形成方法として電解めっき法を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、双方またはいずれか一方の部位の形成方法として、ポールチップ部12c等を形成する場合と同様の手法、すなわちスパッタリングおよびエッチング処理を用いるようにしてもよい。このような場合における上記の各部位の形成材料としては、上記したパーマロイの他、窒化鉄やアモルファス合金（コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄合金酸化物、ジルコニウム鉄合金窒化物）等を用いるようにしてもよい。ポールチップ部12c等の場合と同様の手法を用いることにより、上記の各部位を高精度かつ短時間で形成することができ、この点でも薄膜磁気ヘッド全体の製造時間の短縮に寄与することとなる。

また、本実施の形態では、図11に示したように、磁極部分100を形成する

際のR I Eによるエッチング処理により、上部ポールチップ1 2 a cの周辺領域における非磁性層パターン1 0の一部のみを除去するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、図1 4に示したように、エッチング条件を調整することにより、上部ポールチップ1 2 a cの周辺領域における非磁性層パターン1 0を除去し、下部磁極9が露出するようにしてもよい。このような場合において、最終的に形成される薄膜磁気ヘッドの構造は、図1 5に示した通りである。図1 5は、図8に対応するものである。図1 5に示したように、下部磁極9が露出するまでエッチング処理を行った場合において、薄膜コイル1 4の配設領域における下地の表面の位置は、図8に示した場合における下地の表面の位置よりもより低くなる。このため、上記したように、薄膜コイル1 4の配設領域における下地の表面の位置の低下にともない、ポールチップ部1 2 aの膜厚をより薄くすることが可能となる。したがって、ポールチップ部1 2 aの形成をより安定化することができる。

また、本実施の形態では、絶縁膜1 5の形成材料としてフォトレジストを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、上記したフォトレジストの他、例えば、フォトレジストと同様に加熱時に流動性を示すポリイミド樹脂やSOG (Spin on glass)などを用いるようにしてもよい。

また、本実施の形態では、記録ギャップ層1 1の形成材料としてアルミナを用い、またその形成手法としてスパッタリングを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。記録ギャップ層1 1の形成材料としては、アルミナの他、例えば窒化アルミニウム(A1N)、シリコン酸化物、シリコン窒化物などの無機絶縁材料を用いるようにしてもよいし、またはタンタル(Ta)、チタンタングステン(WTi)、窒化チタン(TiN)などの非磁性金属を用いるようにしてもよい。また、記録ギャップ層1 1の形成方法としては、スパッタリングの他、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法を用いるようにしてもよい。このような方法を用いて記録ギャップ層1 1を形成することにより、ギャップ層内にピンホールなどが含有されることを抑制できるので、記録ギャップ層1 1を介する磁束の漏れを回避することができる。このような効果は、特に、記録ギャップ層1 1の厚みを薄くした場合に有益である。

また、本実施の形態では、図12に示したように、非磁性層パターン10の最前端が、ポールチップ部12cにおける先端部12c(1)の延在領域内に位置するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、その最前端の位置は自由に変更可能である。例えば、図16に示したように、非磁性層パターン10の最前端が、ポールチップ部12cにおける後端部12c(3)の延在領域内に位置するようにしてもよい。このような場合には、特に、非磁性層パターン10の最前端の位置が、上部ヨーク12eの最前端の位置とほぼ一致するか、あるいはその位置よりも前方に位置するようにするのが好適である。なぜなら、ポールチップ部12aと上部ヨーク12eとが接触する接触面12mに対応する領域では、上部ヨーク12eから上部ポールチップ12a cに向かって下向きに磁束が流れ、特に「磁束の漏れ」が生じやすいからである。接触面12mに対応する領域を含むように非磁性層パターン10を延在させることにより、接触面12mに対応する領域における「磁束の漏れ」を抑制することができる。なお、図16において、上記の点以外の構造は、図12に示した場合とほぼ同様である。

また、本実施の形態では、図8に示したように、下部磁極9に非磁性層パターン10を形成したのち、下部磁極9および非磁性層パターン10の双方を覆うように記録ギャップ層11を形成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、図17に示したように、下部磁極9上に記録ギャップ層11を形成したのち、この記録ギャップ層11に非磁性層パターン10を形成するようにしてもよい。このような場合においても、上記実施の形態の場合とほぼ同様の効果を得ることができる。なお、図17では、磁極部分100を形成する際のRIEによるエッチング処理により、上部ポールチップ12a cの周辺領域における非磁性層パターン10を除去し、記録ギャップ層11を露出させた場合を表している。図17において、上記の点以外の構造は、図8に示した場合とほぼ同様である。

また、本実施の形態では、上部ヨーク(12e)が窒化鉄の単層構造からなる場合(図8参照)について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば図18に示したように、上部ヨークが、例えば窒化鉄などの高飽和磁束密度材層91と、例えばアルミナなどの無機絶縁材層92とが交互に積層された構

造よりなる（212e）ようにしてもよい。上部ヨークをこのような構造とすることにより、磁路における渦電流の発生を防止し、高周波特性を向上させることができる。なお、上記の高飽和磁束密度材層91および無機絶縁材層92の双方の形成もRIEによって行うことにより、形成時間を短縮することができる。なお、図18において、上部ヨーク212e以外の部分は、上記の図8の場合と同様である。

また、本実施の形態では、薄膜コイル14の内側の終端部にコイル接続部14sを配設するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、薄膜コイル14の外側の終端部にコイル接続部14sを配設するようにしてもよい。このような場合においても、コイル接続部14sと接続されるようにコイル接続配線14ehを配設することにより、上記実施の形態の場合とほぼ同様の効果を得ることができる。

[第2の実施の形態]

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

まず、図19～図27を参照して、本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。図19A～図24Aはエアベアリング面に垂直な断面を示し、図19B～図24Bは磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。図25～図27は、主要な製造工程に対応する斜視図である。ここで、図25は図20に示した状態に対応し、図26は図21に示した状態に対応し、図27は図24に示した状態に対応する。ただし、図26では、図21における絶縁膜24等の図示を省略し、図27では、図24における薄膜コイル25、絶縁膜26、27およびオーバーコート層28等の図示を省略している。なお、図19～図27において、各図中のX、Y、Z軸方向に関する表記は、上記第1の実施の形態の場合と同様とし、また各図中の上記第1の実施の形態における構成要素と同一部分には同一の符号を付すものとする。

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法において、図19における記録ギャップ層11を形成するところまでの工程は、上記第1の実施の形態における図2に示した同工程までと同様であるので、その説明を省略する。

本実施の形態では、記録ギャップ層11を形成したのち、非磁性層パターン10の上方における平坦な記録ギャップ層11上に、高精度のフォトリソグラフィ処理を用いて、加熱時に流動性を示す材料、例えばフォトレジストなどの有機絶縁材料を約0.5～1.0μmの厚みで形成する。次に、このフォトレジスト膜に対して、例えば200℃～250℃の範囲内における温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、図19に示したように、非磁性層パターン21が形成される。非磁性層パターン21の端縁部近傍は、その端縁部に近づくにつれて落ち込むような丸みを帯びた斜面をなすようになる。非磁性層パターン21を形成する際には、例えば、その最前端の位置が非磁性層パターン10の最前端の位置よりも後退するようにし、非磁性層パターン10と非磁性層パターン21とにより段差が形成されるようにする。ここで、非磁性層パターン21が、本発明における「第2の非磁性層パターン」の一具体例に対応する。

次に、図19に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料、例えば窒化鉄よりなるポールチップ前駆層122を約0.8～2.0μmの厚みで形成する。なお、ポールチップ前駆層122の形成材料としては、上記第1の実施の形態におけるポールチップ前駆層112の場合と同様に、窒化鉄の他、例えば、窒化鉄と同様に1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料であるコバルト鉄合金(FeCo)、ジルコニウムコバルト鉄合金酸化物(FeCoZrO)またはジルコニウム鉄合金窒化物(FeZrN)などのアモルファス合金を用いるようにしてもよい。ここで、ポールチップ前駆層122が、本発明における「磁性材層」の一具体例に対応する。

次に、図20に示したように、例えばCMP法により、ポールチップ前駆層122の表面を研磨して平坦化する。このときの研磨処理は、例えば、非磁性層パターン10の配設領域よりも前側の領域におけるポールチップ前駆層122の膜厚が約0.5～1.5μm程度になるまで行う。

次に、図20および図25に示したように、ポールチップ前駆層122上に、例えばフレームめつき法により、鉄(Fe)、コバルト(Co)およびニッケル(Ni)を含み、1.5以上の高い飽和磁束密度を有する磁性材料、例えば鉄二

ッケルコバルト合金 (C o N i F e ; C o : 4 5 重量%, N i : 3 0 重量%, F e : 2 5 重量%) よりなるポールチップ部 2 2 a を約 1. 5 ~ 2. 5 μ m の厚みで選択的に形成する。ポールチップ部 1 2 a を形成する際には、同時に、ポールチップ前駆層 1 2 2 上に磁路接続部 2 2 b (図 2 5 では図示せず) を選択的に形成する。ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のそれぞれは、上部磁極 2 2 の一部を構成するものである。ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のポールチップ前駆層 1 2 2 上における配設位置、形成方法および構造的特徴等は、上記第 1 の実施の形態におけるポールチップ部 1 2 a および磁路接続部 1 2 b の場合とほぼ同様である。ポールチップ部 2 2 a は、例えば、後述する図 2 8 に示したように、先端部 2 2 a (1) 、中間部 2 2 a (2) および後端部 2 2 a (3) を含むものである。ここで、ポールチップ部 2 2 a が、本発明における「第 1 の磁性膜」の一具体例に対応する。

次に、ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b の双方をマスクとして、例えば R I E により、全体にエッチング処理を施す。R I E によるエッチング処理を施す際には、上記第 1 の実施の形態においてポールチップ部 1 2 c 等および磁極部分 1 0 0 を形成した場合と同様に、エッチング条件 (エッチングガスのガス種および加工温度等) を調整するようとする。特に、本実施の形態では、例えば、磁極部分 1 0 0 を形成するためのエッチング処理により、ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のそれぞれの配設領域以外の部分が一様に掘り下げられるようにエッチング条件を調整する。このエッチング処理により、図 2 1 および図 2 6 に示したように、ポールチップ前駆層 1 2 2 のうち、ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のそれぞれの配設領域以外の領域における非磁性層パターン 2 1 、記録ギャップ層 1 1 、非磁性層パターン 1 0 および下部磁極 9 のそれぞれの一部が除去され、上部磁極 2 2 の一部を構成するポールチップ部 2 2 c および磁路接続部 2 2 d が形成される。また、上記のエッチング処理により、トリム構造を有する磁極部分 2 0 0 が形成される。ポールチップ部 2 2 c 等を形成するためのエッチング処理により、マスク自体、すなわちポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のそれぞれ自体もエッチングされ、その膜厚は減少することとなる。

ポールチップ部 2 2 c および磁路接続部 2 2 d は、ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のそれぞれとほぼ同様の構造的特徴を有するものである（図 2 8 参照）。ポールチップ部 2 2 c は、先端部 2 2 c (1) 、中間部 2 2 c (2) および後端部 2 2 c (3) を含んでいる。ポールチップ部 2 2 c および磁路接続部 2 2 d の双方は 1.5 テスラ以上の高い飽和磁束密度を有する磁性材料（窒化鉄）よりなるものである。以下では、ポールチップ部 2 2 a およびポールチップ部 2 2 c を総称して、単に「上部ポールチップ 2 2 a c」ともいう。

上部ポールチップ 2 2 a c は、上記第 1 の実施の形態における上部ポールチップ 1 2 a c の場合と同様に、ポールチップ部 2 2 a およびポールチップ部 2 2 c のそれぞれの形成工程を経て、双方の部位の集合体として形成される。ここで、ポールチップ部 2 2 c が、本発明における「第 2 の磁性膜」の一具体例に対応する。また、ポールチップ 2 2 a 部の先端部 2 2 a (1) およびポールチップ部 2 2 c の先端部 2 2 c (1) が、本発明における「一定幅部分」の一具体例に対応し、ポールチップ部 2 2 a およびポールチップ部 2 2 c が、本発明における「所定の磁性層部分」の一具体例に対応する。

次に、図 2 1 に示したように、全体を覆うように、例えばアルミナよりなる絶縁膜 2 3 を約 0.3 ~ 0.5 μm の厚みで形成する。

次に、図 2 2 に示したように、上部ポールチップ 2 2 a c の配設領域よりも後方の領域（磁路接続部 2 2 b, 2 2 d の配設領域を除く）における平坦な絶縁膜 2 3 上に、例えば電解めつき法により、例えば銅（Cu）よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル 2 4 を約 1.0 ~ 1.5 μm の厚みで選択的に形成する。この薄膜コイル 2 4 は、例えば、上記第 1 の実施の形態における薄膜コイル 1 4 とほぼ同様の構造的特徴と有するものである。薄膜コイル 2 4 を形成する際には、同時に、例えば、その内側の終端部における絶縁膜 2 3 上に、コイル接続部 2 4 s を薄膜コイル 2 4 と一緒に形成する。このコイル接続部 2 4 s は、薄膜コイル 2 4 と後工程において形成されるコイル接続配線 2 2 e h（図 2 3 参照）とを電気的に接続させるためのものである。

次に、図 2 2 に示したように、薄膜コイル 2 4 等の各巻線間を絶縁化するための絶縁膜 2 5 を形成する。絶縁膜 2 5 の形成材料、形成方法および構造的特徴等

は、上記第1の実施の形態において絶縁膜15を形成した場合とほぼ同様である。

次に、図22に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、絶縁材料、例えばアルミナ層26pを約3.0～4.0μmの厚みで形成して、上部ポールチップ22a c、磁路接続部22b, 22d、薄膜コイル24およびコイル接続部24s等によって構成された凹凸構造領域を埋設する。

次に、図23に示したように、例えばCMP法により、アルミナ層26pの表面全体を研磨して平坦化する。この研磨処理により、薄膜コイル24等を埋設する絶縁膜26が形成される。このときの研磨処理は、少なくとも上部ポールチップ22a cおよび磁路接続部22bが露出するまで行う。

次に、図23に示したように、例えばRIEまたはイオンミリングにより、コイル接続部24sの上方を覆っている絶縁膜26を部分的にエッチングして、コイル接続部24sと後工程において形成されるコイル接続配線22e hとを接続させるための開口部26kを形成する。

次に、図23に示したように、平坦化された領域のうち、磁路接続部22bの上方からポールチップ部22aの後端部22a(3)の上方にかけての領域に、上部磁極22の一部を構成する上部ヨーク22eを約2.0～3.0μmの厚みで選択的に形成する。上部ヨーク22eを形成する際には、同時に、コイル接続部24sの上方から図示しない外部回路にかけての領域にコイル接続配線22e hを形成する。上部ヨーク22eおよびコイル接続配線22e hの形成材料、形成方法および構造的特徴等は、例えば、上記第1の実施の形態における上部ヨーク12eおよびコイル接続配線12e hの場合とほぼ同様である。この上部ヨーク22eは、例えば、後述する図28に示したような平面形状を有するものである。ここで、上部ポールチップ22a c、磁路接続部22b, 22dおよび上部ヨーク22eによって構成される上部磁極22が、本発明における「第1の磁性層」の一具体例に対応する。

次に、図23に示したように、全体を覆うように、絶縁材料、例えばアルミナなどの無機絶縁材料よりなるオーバーコート層27を約20～40μmの厚みで形成する。

最後に、図24に示したように、機械加工や研磨工程により記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアペアリング面80を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。このときの接続部22e(2)周辺における立体構造は、図27に示したようになる。

図28は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。図28において、上記第1の実施の形態における図13に示した構成要素と同一部分には同一の符号を付すものとする。なお、図28では、絶縁膜23、25、26およびオーバーコート層27等の図示を省略している。また、薄膜コイル24については、その最外周部分のみを図示している。図24Aは、図28におけるXXIVA-XXIVA線に沿った矢視断面に相当する。

図28に示したように、上部磁極22は、例えば、それぞれ別個に形成された上部ポールチップ22a c、磁路接続部22b、22dおよびおよび上部ヨーク22eによって構成されている。上部磁極22を構成する上記の各部位は、上記第1の実施の形態における上部磁極12を構成する各部位（上部ポールチップ12a c、磁路接続部12b、12dおよびおよび上部ヨーク12e）とほぼ同様の構造的特徴を有するものである。上部ヨーク22eは、ヨーク部22e(1)および接続部22e(2)を含んでいる。ポールチップ部22aは、先端部22a(1)、中間部22a(2)および後端部22a(3)を含み、ポールチップ22cは、先端部22c(1)、中間部22a(2)および後端部22a(3)を含んでいる。

図24A、図27および図28に示したように、上部ポールチップ22a cは、記録ギャップ層11の下段領域上から、非磁性層パターン10の上方における上段領域上を経由して、非磁性層パターン21の斜面部上にかけて延在している。上部ヨーク22eは、開口部10kにおいて磁路接続部22b、22dを介して下部磁極9と磁気的に連結されると共に、ポールチップ部22aを介してポールチップ部22cとも磁気的に連結されている。すなわち、上部磁極22（ポールチップ部22a、22c、磁路接続部22b、22d、上部ヨーク22e）と下部磁極9とが接続されることにより磁路が形成されている。

図28に示したように、薄膜コイル24およびコイル接続部24sは、上記第

1の実施の形態における薄膜コイル14およびコイル接続部14sと同様の構造的特徴を有するものである。薄膜コイル24は、開口部26kにおいてコイル接続部24sを介してコイル接続配線22e hと電気的に接続されている。薄膜コイル24の外側の終端部24xとコイル接続配線22e hの後方の一部（図示せず）とは図示しない外部回路に接続されており、この外部回路を通じて薄膜コイル24を通電させることができるようにになっている。

図24A、図27および図28に示したように、非磁性層パターン21は、その最前端が、例えばポールチップ部22aの先端部22a(1)（またはポールチップ部22cの先端部22c(1)）の延在領域内に位置するようになっている。非磁性層パターン21の最前端の位置は、例えば、非磁性層パターン10の最前端の位置よりも後退している。

なお、図28に示した上記以外の配設物に関する構造的特徴は、上記第1の実施の形態の場合（図13参照）と同様である。

本実施の形態では、図24に示したように、非磁性層パターン10の上方における記録ギャップ層11上に隣接するように、例えばフォトトレジストなどの非磁性材料よりなる非磁性層パターン21を配設している。この非磁性層パターン21は、非磁性層パターン10と同様に、磁束の遮蔽材として機能するものである。非磁性層パターン10と共に非磁性層パターン21を配設することにより、非磁性層パターン10のみを配設した場合よりも、「磁束の漏れ」をより抑制することができる。しかも、本実施の形態では、非磁性層パターン21の最前端が、ポールチップ部22cにおける先端部22c(1)の延在領域内に位置するようにしたので、非磁性層パターン10の場合と同様の作用により、上部ポールチップ22a cのほぼ全領域における「磁束の漏れ」に起因する磁束の伝搬ロスをより低減させることができる。したがって、より優れたオーバーライト特性を確保することが可能となる。

また、本実施の形態では、磁極部分200を形成するためのエッチング処理を行う際に、上部ポールチップ22a cの配設領域以外の領域（磁路接続部22bの配設領域を除く）を一様にエッチングして下部磁極9の途中まで掘り下げるようとしたので、上記第1の実施の形態の場合（図8、図15参照）よりも、薄膜

コイル24の配設領域における下地（絶縁膜23）の表面の位置をより低くすることができる。このため、上記第1の実施の形態において説明した場合と同様の作用により、ポールチップ部22aの膜厚をさらに薄くすること（約1.0～2.0μm）ができるので、上部ポールチップ22acの形成をより安定化することができる。

また、本実施の形態では、非磁性層パターン21の最前端の位置が非磁性層パターン10の最前端の位置（すなわちTH0位置）よりも後退するようにし、両者により段差部分が形成されるようにしたので、上部ポールチップ22acに流入した磁束は、上記の段差部分に沿って伝搬しながら段階的に集束される。このため、上部ポールチップ22ac内の磁束の流れを円滑化することができる。

また、本実施の形態では、非磁性層パターン21の前端縁部近傍が斜面をなすようにしたので、非磁性層パターン10の場合と同様の作用により、非磁性層パターン21の斜面部の上方領域における上部ポールチップ22ac内の磁束の流れを円滑化することができる。

なお、本実施の形態では、図27に示したように、非磁性層パターン21の最前端が、ポールチップ部22cにおける先端部22c(1)の延在領域内に位置するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、上記第1の実施の形態において説明した非磁性層パターン10の配設位置を変更する場合（図16参照）と同様に、非磁性層パターン21の配設位置を変更するようにしてもよい。

なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する上記以外の作用、効果および変形例等は、上記第1の実施の形態の場合と同様であるので、その説明を省略する。

以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、上記の各実施の形態では、2層構造よりなる上部ポールチップを形成する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、3層以上の多層構造よりなる上部ポールチップを形成するようにしてもよい。このような場合においても、上記各実施

の形態の場合と同様の効果を得ることができる。なお、上部ポールチップを構成する各部位の形成材料として、互いに異なる磁束密度を有する複数の磁性材料を用いる場合には、上記したように、上部ポールチップの上層部から下層部に向かって磁束密度が大きくなるように磁束密度プロファイルを調整するようにするのが好ましい。もちろん、上部ポールチップの磁束密度プロファイルを自由に調整することも可能である。

また、上記の各実施の形態では、上部ポールチップの下層部分を構成するポールチップ部を形成するためのポールチップ前駆層を形成したのち、このポールチップ前駆層の表面を研磨して平坦化するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、ポールチップ前駆層の形成領域における下地があらかじめ平坦である場合には、上記の研磨処理を省略するようにしてもよい。

また、上記の各実施の形態で示した上部磁極を構成する各磁性層部分（上部ポールチップ、上部ヨーク等）の平面形状は、必ずしも図13および図28に示したものに限られるものではなく、各磁性層部分の磁気ボリュームを適正化し、薄膜コイルで発生した磁束を先端部の先端部分まで十分に供給し得る限り、自由に変更することが可能である。

また、例えば、上記各実施の形態およびその変形例では、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明したが、本発明は、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録専用の薄膜磁気ヘッドや記録・再生兼用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。また、本発明は、書き込み用の素子と読み出し用の素子の積層順序を逆転させた構造の薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

以上説明したように、本発明の薄膜磁気ヘッドによれば、所定の磁性層部分がギャップ層に対して遠い側から順に配設された第1の磁性膜および第2の磁性膜を含み、第1の磁性膜および第2の磁性膜が共に1.5テスラ以上の磁束密度を有する磁性材料よりなるようにしたので、記録トラック幅を規定する一定幅部分が極微小化されたとしても、記録媒体対向面側まで十分な磁束を導くことができる。したがって、優れたオーバーライト特性を確保することができるという効果

を奏する。

特に、第2の磁性層と第2の磁性膜との間に、後方部が絶縁層と連結し前端が記録媒体対向面の手前の所定の位置で終端するように延在する第1の非磁性層パターンが配設されたようにした場合には、この第1の非磁性層パターンの存在により、第1の磁性層と第2の磁性層との間の磁束の漏れを抑制し、磁束の伝搬口スを低減することができるという効果を奏する。

また、さらに、第1の非磁性層パターンと第2の磁性膜との間に、後方部が絶縁層と連結し前端が第1の非磁性層パターンの前端よりも後方の位置で終端するように延在する第2の非磁性層パターンが配設されたようにした場合には、この第2の非磁性層パターンの存在により、第1の磁性層と第2の磁性層との間の磁束の漏れをさらに抑制できると共に、磁束の流れをより円滑にすることができるという効果を奏する。

また、第1の非磁性層パターンの前端近傍および第2の非磁性層パターンの前端近傍が第2の磁性層の平坦な表面に対して傾斜するようにした場合には、第1の非磁性層パターンおよび第2の非磁性層パターンのそれぞれの上方における所定の磁性層部分内の磁束の流れをより円滑にすることができるという効果を奏する。

また、第1の非磁性層パターンの前端が所定の磁性層部分における一定幅部分の延在領域内に位置するようにした場合には、所定の磁性層部分のほぼ全領域において磁束の漏れを抑制することができるという効果を奏する。

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁性材層を形成する工程と、この磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッチングすることにより所定の磁性層部分の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程とを含むようにしたので、磁性材層をパターニングするためのマスクを新たに形成する工程が不要となる。したがって、薄膜磁気ヘッドの製造に要する製造工程数を削減し、製造時間を短縮することができる。

特に、磁性材層をスパッタリングにより形成し、第1の磁性膜をめっき膜の成長により形成するようにした場合には、磁性材層の形成材料の組成を適正に制御

することができるという効果を奏する。

また、エッチング工程を反応性イオンエッチングにより行うようにした場合には、第2の磁性膜を高精度かつ短時間で形成することができるという効果を奏する。

また、50°C以上の温度下においてエッチング工程を行うようにした場合には、エッティング処理に要する時間を短縮することができるという効果を奏する。

また、エッティング工程において、さらに、ギャップ層および第2の磁性層のうち、所定の磁性層部分における一定幅部分の形成領域以外の領域を選択的に除去するようにした場合には、ギャップ層および第2の磁性層を高精度かつ短時間で加工することができるという効果を奏する。

また、本発明の他の局面における薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁性材層を形成する工程と、この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、この平坦化された磁性材層上に第1の磁性膜を形成する工程とを含むようにしたので、第1の磁性膜の形成が平坦な下地上で行われる。このため、露光処理時における不具合等を抑制し、第1の磁性膜を高精度に形成することができるという効果を奏する。

以上の説明に基づき、本発明の種々の態様や変形例を実施可能であることは明らかである。したがって、以下のクレームの均等の範囲において、上記の詳細な説明における態様以外の態様で本発明を実施することが可能である。

請求の範囲

1. 記録媒体に対向する記録媒体対面側の一部に、ギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む、互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第1の磁性層が、前記記録媒体対面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドであって、

前記所定の磁性層部分は、前記ギャップ層に対して遠い側から順に配設された第1の磁性膜および第2の磁性膜を含み、

前記第1の磁性膜および第2の磁性膜は、共に1.5テスラ以上の磁束密度を有する磁性材料よりなる

ことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

2. 前記第1の磁性膜および第2の磁性膜のうちの少なくとも一方は、少なくともニッケルおよび鉄を含む合金、または、窒化鉄のいずれかよりなる

ことを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

3. 前記ニッケルおよび鉄を含む合金は、さらに、少なくともコバルトを含む

ことを特徴とする請求項2記載の薄膜磁気ヘッド。

4. 前記第1の磁性膜および第2の磁性膜のうちの少なくとも一方は、アモルファス合金を含む材料よりなる

ことを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

5. 前記アモルファス合金は、コバルトおよび鉄よりなる合金、ジルコニウム、コバルトおよび鉄よりなる合金の酸化物、または、ジルコニウムおよび鉄よりなる合金の窒化物のいずれかである

ことを特徴とする請求項4記載の薄膜磁気ヘッド。

6. 前記第1の磁性膜は、少なくともニッケル、鉄およびコバルトを含む合金よりなり、

前記第2の磁性膜は、少なくともニッケルおよび鉄を含む合金、または、コバルトおよび鉄よりなる合金のいずれかよりなる

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

7. 前記第 1 の磁性膜と前記第 2 の磁性膜との界面は平坦である

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

8. 前記第 1 の磁性膜と前記第 2 の磁性膜との界面は平坦である

ことを特徴とする請求項 6 記載の薄膜磁気ヘッド。

9. 前記第 2 の磁性層と前記第 2 の磁性膜との間に、後方部が前記絶縁層と連結し前端が前記記録媒体対向面の手前の所定の位置で終端するように延在する第 1 の非磁性層パターンが配設されている。

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

10. 前記第 1 の非磁性層パターンは、非磁性金属よりなる

ことを特徴とする請求項 9 記載の薄膜磁気ヘッド。

11. 前記第 2 の磁性層と前記第 2 の磁性膜との間に、後方部が前記絶縁層と連結し前端が前記記録媒体対向面の手前の所定の位置で終端するように延在する第 1 の非磁性層パターンが配設されている。

ことを特徴とする請求項 8 記載の薄膜磁気ヘッド。

12. 前記第 1 の非磁性層パターンは、非磁性金属よりなる

ことを特徴とする請求項 11 記載の薄膜磁気ヘッド。

13. さらに、

前記第 1 の非磁性層パターンと前記第 2 の磁性膜との間に、後方部が前記絶縁層と連結し前端が前記第 1 の非磁性層パターンの前端よりも後方の位置で終端するように延在する第 2 の非磁性層パターンが配設されている

ことを特徴とする請求項 10 記載の薄膜磁気ヘッド。

14. 前記第 2 の磁性層は、平坦な表面を有し、

前記第 1 の非磁性層パターンの前端近傍および前記第 2 の非磁性層パターンの前端近傍は、前記第 2 の磁性層の平坦な表面に対して傾斜している

ことを特徴とする請求項 14 記載の薄膜磁気ヘッド。

15. さらに、

前記第 1 の非磁性層パターンと前記第 2 の磁性膜との間に、後方部が前記絶縁層と連結し前端が前記第 1 の非磁性層パターンの前端よりも後方の位置で終端す

るよう延在する第2の非磁性層パターンが配設されている

ことを特徴とする請求項12記載の薄膜磁気ヘッド。

16. 前記第2の磁性層は、平坦な表面を有し、

前記第1の非磁性層パターンの前端近傍および前記第2の非磁性層パターンの前端近傍は、前記第2の磁性層の平坦な表面に対して傾斜している

ことを特徴とする請求項13記載の薄膜磁気ヘッド。

17. 前記第1の非磁性層パターンの前端は、前記所定の磁性層部分における一定幅部分の延在領域内に位置する

ことを特徴とする請求項14記載の薄膜磁気ヘッド。

18. 前記第1の非磁性層パターンの前端は、前記所定の磁性層部分における一定幅部分の延在領域内に位置する

ことを特徴とする請求項16記載の薄膜磁気ヘッド。

19. 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む、互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第1の磁性層が、前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記所定の磁性層部分を形成する工程は、

磁性材層を形成する工程と、

この磁性材層上に前記所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、

この第1の磁性膜をマスクとして用いて前記磁性材層を選択的にエッチングすることにより、前記所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程と

を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

20. 前記第1の磁性膜および第2の磁性膜のうちの少なくとも一方の形成材料として、少なくともニッケルおよび鉄を含む合金、または、窒化鉄のいずれ

かを用いる

ことを特徴とする請求項 19 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

21. 前記ニッケルおよび鉄を含む合金として、少なくともコバルトを含むものを用いる

ことを特徴とする請求項 20 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

22. 前記第 1 の磁性膜および前記第 2 の磁性膜のうちの少なくとも一方の形成材料として、アモルファス合金を用いる

ことを特徴とする請求項 19 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

23. 前記アモルファス合金として、コバルトおよび鉄よりなる合金、ジルコニウム、コバルトおよび鉄よりなる合金の酸化物、または、ジルコニウムおよび鉄よりなる合金の窒化物のいずれかを用いる

ことを特徴とする請求項 22 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

24. 前記磁性材層の形成材料として、少なくともニッケルおよび鉄を含む合金、または、コバルトおよび鉄よりなる合金のいずれかを用い、
前記第 1 の磁性膜の形成材料として、少なくともニッケル、鉄およびコバルトを含む合金を用いる

ことを特徴とする請求項 19 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

25. 前記磁性材層をスパッタリングにより形成し、
前記第 1 の磁性膜をめっき膜の成長により形成する

ことを特徴とする請求項 19 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

26. 前記磁性材層をスパッタリングにより形成し、
前記第 1 の磁性膜をめっき膜の成長により形成する

ことを特徴とする請求項 24 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

27. 前記エッチング工程を反応性イオンエッチングにより行う

ことを特徴とする請求項 19 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

28. ハロゲン元素を含むガス雰囲気中において前記エッチング工程を行う
ことを特徴とする請求項 27 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

29. 塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも 1 を含むガス雰囲気中に
おいて前記エッチング工程を行う

ことを特徴とする請求項 2 8 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

3 0 . 5 0 ℃以上の温度下において前記エッチング工程を行う

ことを特徴とする請求項 2 9 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

3 1 . 9 0 ℃以上の温度下において前記エッチング工程を行う

ことを特徴とする請求項 3 0 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

3 2 . 5 0 ℃ないし 3 0 0 ℃の範囲内の温度下において前記エッチング工程を行う

ことを特徴とする請求項 3 0 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

3 3 . 前記エッチング工程を反応性イオンエッチングにより行う

ことを特徴とする請求項 2 6 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

3 4 . ハロゲン元素を含むガス雰囲気中において前記エッチング工程を行う

ことを特徴とする請求項 3 3 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

3 5 . 塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも 1 を含むガス雰囲気中に
において前記エッチング工程を行う

ことを特徴とする請求項 3 4 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

3 6 . 5 0 ℃以上の温度下において前記エッチング工程を行う

ことを特徴とする請求項 3 5 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

3 7 . 9 0 ℃以上の温度下において前記エッチング工程を行う

ことを特徴とする請求項 3 6 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

3 8 . 5 0 ℃ないし 3 0 0 ℃の範囲内の温度下において前記エッチング工程
を行う

ことを特徴とする請求項 3 6 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

3 9 . 前記エッチング工程において、さらに、

前記ギャップ層および前記第 2 の磁性層のうち、前記所定の磁性層部分における一定幅部分の形成領域以外の領域を選択的に除去する

ことを特徴とする請求項 1 9 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

4 0 . 前記エッチング工程において、さらに、

前記ギャップ層および前記第 2 の磁性層のうち、前記所定の磁性層部分における一定幅部分の形成領域以外の領域を選択的に除去する

ことを特徴とする請求項3・8記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

41. 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む、互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第1の磁性層が、前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって

、
前記所定の磁性層部分を形成する工程は、

前記第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、

前記第1の非磁性層パターンおよびその周辺の前記第2の磁性層を覆うように前記ギャップ層を形成する工程と、

前記ギャップ層上に磁性材層を形成する工程と、

この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、

この平坦化された磁性材層上に前記所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、

この第1の磁性膜をマスクとして用いて前記磁性材層を選択的にエッチングすることにより、前記所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッティング工程と

を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

42. 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む、互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第1の磁性層が、前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって

、
前記所定の磁性層部分を形成する工程は、

前記第2の磁性層上に前記ギャップ層を形成する工程と、

前記ギャップ層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、
前記第1の非磁性層パターンおよびその周辺の前記ギャップ層を覆うように磁性材層を選択的に形成する工程と、
この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、
この平坦化された磁性材層上に前記所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を形成する工程と、
この第1の磁性膜をマスクとして用いて前記磁性材層を選択的にエッチングすることにより、前記所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程と
を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

4 3. 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む、互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第1の磁性層が、前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記所定の磁性層部分を形成する工程は、
前記第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、
前記第1の非磁性層パターンおよびその周辺の前記第2の磁性層を覆うように前記ギャップ層を形成する工程と、
前記ギャップ層のうち、前記第1の非磁性層パターンの配設領域に対応する領域上に第2の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、
前記第2の非磁性層パターンおよびその周辺の前記ギャップ層を覆うように磁性材層を形成する工程と、
この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、
この平坦化された磁性材層上に前記所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、
この第1の磁性膜をマスクとして用いて前記磁性材層を選択的にエッチングす

ることにより、前記所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程と
を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

要約

磁極幅を極微小化しつつ、優れたオーバーライト特性を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供する。

上部ポールチップは、その上層部分である第1の磁性膜と下層部分である第2の磁性膜により構成される。第1のおよび第2の磁性膜は、共に1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料よりなるものである。磁極幅を約0.3μm以下まで極微小化した場合においても、上部ポールチップの内部における磁束の飽和を抑制し、優れたオーバーライト特性を確保することができる。